

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

TRABAJO FIN DE GRADO DE ARQUITECTURA TÉCNICA

ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TÉCNICA DE LA CORUÑA

# PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR VILLA GÜIMIL

TOMO II DE V

ANEJOS A LA MEMORIA I

ANEJOS DE CÁLCULO, JUSTIFICACIÓN Y CUMPLIMIENTO DEL CTE. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD (PCC). GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (GRCD). ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD (ESS)



**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Vilagarcía de Arosa, enero de 2016

#### **IV. ANEJOS DE LA MEMORIA**

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"

**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra

**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"

**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra

**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 4-1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

## **SEGURIDAD ESTRUCTURAL**

### **INDICE**

4.1)	<b><u>SEGURIDAD ESTRUCTURAL</u></b>	<b>Pág. 176</b>
4.1.1)	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>Pág. 176</b>
4.1.2)	<b><u>CÁLCULO VIGA PERTENECIENTE AL ENTRAMADO HORIZONTAL DEL TECHO DE LA PLANTA SEMISÓTANO</u></b>	<b>Pág. 178</b>
4.1.2.1)	Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la viga.	Pág. 178
4.1.2.2)	Datos de la obra	Pág. 180
4.1.2.2.1)	Normas consideradas	Pág. 180
4.1.2.2.2)	Estados límite	Pág. 180
4.1.2.2.2.1)	Situaciones de proyecto	Pág. 180
4.1.2.2.2.2)	Combinaciones	Pág. 181
4.1.2.2.3)	Resistencia al fuego	Pág. 182
4.1.2.3)	Estructura	Pág. 182
4.1.2.3.1)	Geometría	Pág. 182
4.1.2.3.1.1)	Nudos	Pág. 182
4.1.2.3.1.2)	Barras	Pág. 183
4.1.2.3.2)	Cargas	Pág. 184
4.1.2.3.2.1)	Barras	Pág. 184
4.1.2.3.3)	Resultados	Pág. 185
4.1.2.3.3.1)	Nudos	Pág. 185
4.1.2.3.3.2)	Barras	Pág. 187
4.1.3)	<b><u>CÁLCULO VIGUETA PERTENECIENTE AL ENTRAMADO HORIZONTAL DEL TECHO DE LA PLANTA SEMISÓTANO</u></b>	<b>Pág. 195</b>
4.1.3.1)	Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la vigueta.	Pág. 195
4.1.3.2)	Datos de la obra	Pág. 196
4.1.3.2.1)	Normas consideradas	Pág. 196
4.1.3.2.2)	Estados límite	Pág. 196
4.1.3.2.2.1)	Situaciones de proyecto	Pág. 196
4.1.3.2.2.2)	Combinaciones	Pág. 197
4.1.3.2.3)	Resistencia al fuego	Pág. 198
4.1.3.3)	Estructura	Pág. 198
4.1.3.3.1)	Geometría	Pág. 198
4.1.3.3.1.1)	Nudos	Pág. 198
4.1.3.3.1.2)	Barras	Pág. 199
4.1.3.3.2)	Cargas	Pág. 200
4.1.3.3.2.1)	Barras	Pág. 200

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

4.1.3.3.3) Resultados	Pág 201
4.1.3.3.3.1) Nudos	Pág. 201
4.1.3.3.3.2) Barras	Pág. 203
<b>4.1.4) <u>CÁLCULO PILAR PERTENECIENTE A LA PLANTA SEMISÓTANO</u></b>	<b>Pág. 211</b>
4.1.4.1) Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre el pilar.	Pág. 211
4.1.4.2) Datos de la obra	Pág. 212
4.1.4.2.1) Normas consideradas	Pág. 212
4.1.4.2.2) Estados límite	Pág. 212
4.1.4.2.2.1) Situaciones de proyecto	Pág. 213
4.1.4.2.2.2) Combinaciones	Pág. 213
4.1.4.2.3) Resistencia al fuego	Pág. 214
4.1.4.3) Estructura	Pág. 214
4.1.4.3.1) Geometría	Pág. 214
4.1.4.3.1.1) Nudos	Pág. 214
4.1.4.3.1.2) Barras	Pág. 215
4.1.4.3.2) Cargas	Pág. 216
4.1.4.3.2.1) Nudos	Pág. 216
4.1.4.3.2.2) Barras	Pág. 216
4.1.4.3.3) Resultados	Pág. 217
4.1.4.3.3.1) Nudos	Pág. 217
4.1.4.3.3.2) Barras	Pág. 220
<b>4.1.5) <u>CÁLCULO PILAR PERTENECIENTE A LA PLANTA PRIMERA</u></b>	<b>Pág. 229</b>
4.1.5.1) Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre el pilar.	Pág. 229
4.1.5.2) Datos de la obra	Pág. 229
4.1.5.2.1) Normas consideradas	Pág. 229
4.1.5.2.2) Estados límite	Pág. 230
4.1.5.2.2.1) Situaciones de proyecto	Pág. 230
4.1.5.2.2.2) Combinaciones	Pág. 231
4.1.5.2.3) Resistencia al fuego	Pág. 232
4.1.5.3) Estructura	Pág. 232
4.1.5.3.1) Geometría	Pág. 232
4.1.5.3.1.1) Nudos	Pág. 232
4.1.5.3.1.2) Barras	Pág. 232
4.1.5.3.2) Cargas	Pág. 234
4.1.5.3.2.1) Nudos	Pág. 234
4.1.5.3.2.2) Barras	Pág. 234

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

4.1.5.3.3)	Resultados	Pág. 235
4.1.5.3.3.1)	Nudos	Pág. 235
4.1.5.3.3.2)	Barras	Pág. 236
<b>4.1.6)</b>	<b><u>CÁLCULO CERCHA REPRESENTATIVA DE LA ESTRUCTURA DE CUBIERTA</u></b>	<b>Pág. 245</b>
4.1.6.1)	Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la cercha.	Pág. 245
4.1.6.2)	Datos de la obra	Pág. 246
4.1.6.2.1)	Normas consideradas	Pág. 246
4.1.6.2.2)	Estados límite	Pág. 246
4.1.6.2.2.1)	Situaciones de proyecto	Pág. 247
4.1.6.2.2.2)	Combinaciones	Pág. 248
4.1.6.2.3)	Resistencia al fuego	Pág. 248
4.1.6.3)	Estructura	Pág. 249
4.1.6.3.1)	Geometría	Pág. 249
4.1.6.3.1.1)	Nudos	Pág. 249
4.1.6.3.1.2)	Barras	Pág. 249
4.1.6.3.2)	Cargas	Pág. 251
4.1.6.3.2.1)	Nudos	Pág. 251
4.1.6.3.2.2)	Barras	Pág. 251
4.1.6.3.3)	Resultados	Pág. 252
4.1.6.3.3.1)	Nudos	Pág. 252
4.1.6.3.3.2)	Barras	Pág. 255
<b>4.1.7)</b>	<b><u>CÁLCULO CORREA REPRESENTATIVA DE LA ESTRUCTURA DE CUBIERTA</u></b>	<b>Pág. 350</b>
4.1.7.1)	Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la correa.	Pág. 350
4.1.7.2)	Datos de la obra	Pág. 351
4.1.7.2.1)	Normas consideradas	Pág. 351
4.1.7.2.2)	Estados límite	Pág. 351
4.1.7.2.2.1)	Situaciones de proyecto	Pág. 351
4.1.7.2.2.2)	Combinaciones	Pág. 352
4.1.7.2.3)	Resistencia al fuego	Pág. 353
4.1.7.3)	Estructura	Pág. 353
4.1.7.3.1)	Geometría	Pág. 353
4.1.7.3.1.1)	Nudos	Pág. 353
4.1.7.3.1.2)	Barras	Pág. 354
4.1.7.3.2)	Cargas	Pág. 355
4.1.7.3.2.1)	Barras	Pág. 355
4.1.7.3.3)	Resultados	Pág. 356
4.1.7.3.3.1)	Nudos	Pág. 356
4.1.7.3.3.2)	Barras	Pág. 359

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>4.1.8)</b>	<b><u>CÁLCULO LIMA DE CUBIERTA</u></b>	<b>Pág. 372</b>
4.1.8.1)	Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la lima.	Pág. 372
4.1.8.2)	Datos de la obra	Pág. 372
4.1.8.2.1)	Normas consideradas	Pág. 372
4.1.8.2.2)	Estados límite	Pág. 372
4.1.8.2.2.1)	Situaciones de proyecto	Pág. 373
4.1.8.2.2.2)	Combinaciones	Pág. 374
4.1.8.2.3)	Resistencia al fuego	Pág. 375
4.1.8.3)	Estructura	Pág. 375
4.1.8.3.1)	Geometría	Pág. 375
4.1.8.3.1.1)	Nudos	Pág. 375
4.1.8.3.1.2)	Barras	Pág. 375
4.1.8.3.2)	Cargas	Pág. 377
4.1.8.3.2.1)	Barras	Pág. 377
4.1.8.3.3)	Resultados	Pág. 378
4.1.8.3.3.1)	Nudos	Pág. 378
4.1.8.3.3.2)	Barras	Pág. 380

## 4.1 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

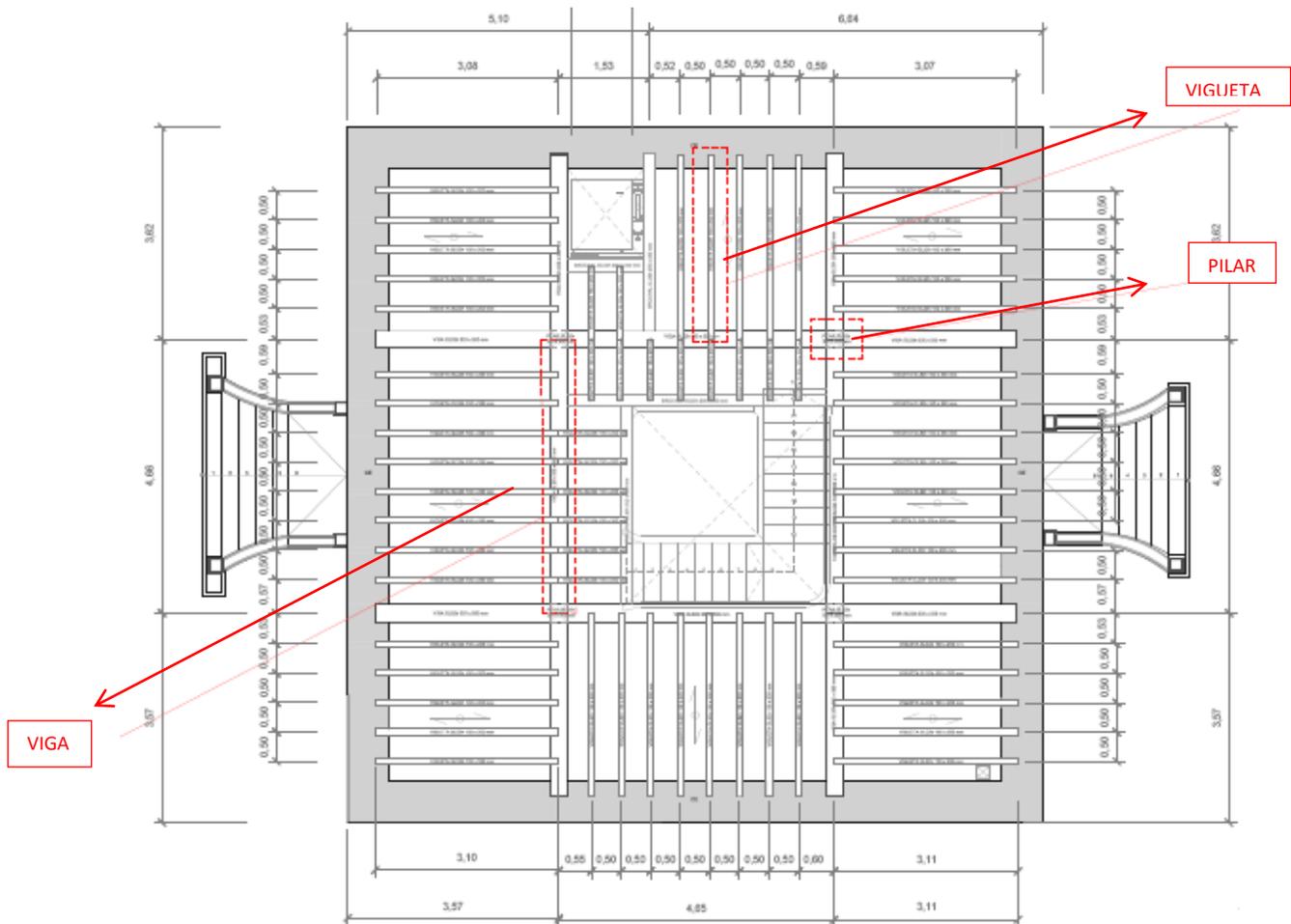
### 4.1.1. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto, se ha realizado un cálculo individualizado de los elementos estructurales más representativos de la edificación. Para el mismo, se ha utilizado el programa de cálculo "CYPE 2014", previa estimación (aproximada), de las cargas que actúan sobre cada elemento.

Los elementos estructurales calculados, son los considerados como los más desfavorables y son los siguientes:

#### ENTRAMADO HORIZONTAL TECHO PLANTA SEMISÓTANO

- Viga representativa (la de mayor longitud y la que recibe la mayor carga)
- Vigueta representativa (la de mayor longitud y la que recibe la mayor carga)
- Pilar representativo (el que recibe la mayor carga)



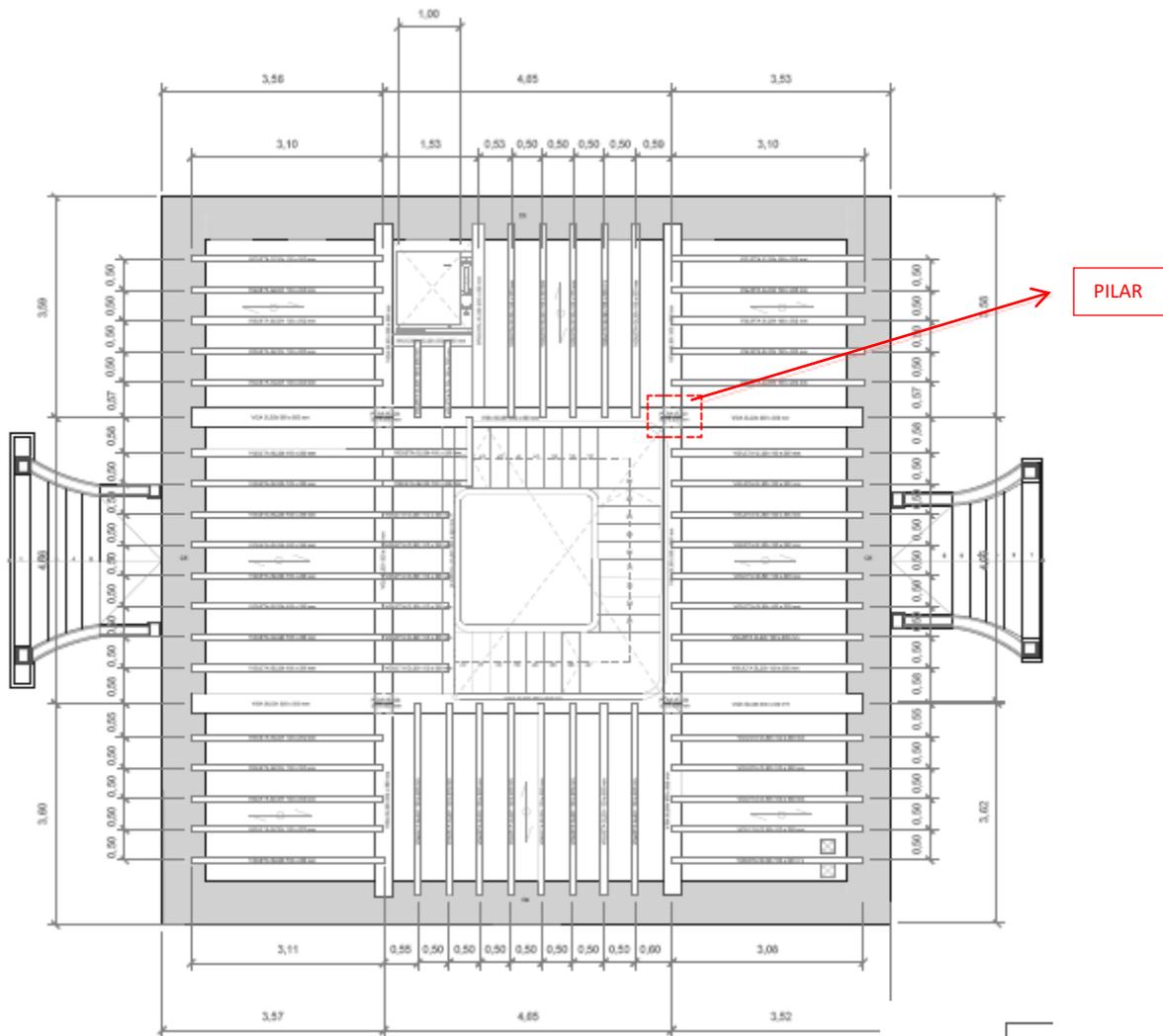
ENTRAMADO HORIZONTAL TECHO PLANTA SEMISÓTANO

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## **PLANTA PRIMERA**

-Pilar representativo (el de mayor longitudud



ENTRAMADO HORIZONTAL TECHO PLANTA PRIMERA

## **ESTRUCTURA DE CUBIERTA**

- Cercha de cubierta
- Correa de cubierta (la de mayor longitudud)
- Lima de cubierta



**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

-Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la viga:

**Peso Propio:**

-Panel sándwich TERMOCHIP 0,2 KN/m<sup>2</sup>  
 -Mortero (20 KN/m<sup>2</sup> x 0,04 (espesor))= 0,8KN/m<sup>2</sup> 0,8 KN/m<sup>2</sup>  
 -Baldosa 0,3 KN/m<sup>2</sup>

**PESO PROPIO 1,3 KN/m<sup>2</sup>**

-Tabiquería peso < 1,2 kN/m<sup>2</sup>  
 (según **artículo 2.1.3 del CTE SE-AE**) **1 kN/m<sup>2</sup>**

**G.PERMANENTE TOTAL 2,3 KN/m<sup>2</sup>**

**Conversión a cargas lineales:**

2,3 KN/m<sup>2</sup> x 2,70 m (Faja de carga)= **6,21 KN/m G.PERMANENTE**

2 KN/m<sup>2</sup> (Uso residencial vivienda) x 2,70 m=**5,40 KN/m<sup>2</sup> Q.USO**

**TABLA 3.1.**  
**VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS SOBRECARGAS DE USO**

Categoría de uso		Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1 Viviendas y zonas de habitaciones en hospitales y hoteles	2	2
		A2 Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas		2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1 Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2 Zonas con asientos fijos	4	4
		C3 Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4 Zonas destinadas a gimnasio o actividades físicas	5	7
		C5 Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc.)	5	4
D	Zonas comerciales	D1 Locales comerciales	5	4
		D2 Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)		2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables o accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>		1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(1)</sup> Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(5)</sup>	2
		G1 <sup>(1)</sup> Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2 Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

<sup>(1)</sup> Deben descomponerse en dos cargas concentradas de 10 kN separadas entre sí 1,8 metros. Alternativamente dichas cargas se podrán sustituir por una sobrecarga uniformemen-

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.2.2 Datos de la obra

##### 4.1.2.2.1 Normas consideradas

Madera: CTE DB SE-M

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

##### 4.1.2.2.2 Estados límite

E.L.U. de rotura. Madera	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

##### 4.1.2.2.1 Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

**- Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

**- Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

- $G_k$  Acción permanente
- $Q_k$  Acción variable
- $\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

	Persistente o transitoria			
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

<b>Accidental de incendio</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

**Desplazamientos**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**4.1.2.2.2 Combinaciones**

**Nombres de las hipótesis**

PP      Peso propio  
 Q USO    Q USO

**E.L.U. de rotura. Madera**

**1. Coeficientes para situaciones persistentes o transitorias**

Comb.	PP	Q USO
1	0.800	
2	1.350	
3	0.800	1.500
4	1.350	1.500

**2. Coeficientes para situaciones accidentales de incendio**

Comb.	PP	Q USO
1	1.000	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Desplazamientos

Comb.	PP	Q USO
1	1.000	
2	1.000	1.000

#### 4.1.2.2.3 Resistencia al fuego

##### Perfiles de acero

Norma: CTE DB SI. Anejo D: Resistencia al fuego de los elementos de acero.

Resistencia requerida: R 30

##### Perfiles de madera

Norma: CTE DB SI. Anejo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Resistencia requerida: R30

#### 4.1.2.3 Estructura

##### 4.1.2.3.1 Geometría

##### 4.1.2.3.1.1 Nudos

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

$U_x, U_y, U_z$ : Vector director de la recta o vector normal al plano de dependencia

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.  
 -

Referencia	Nudos													
	Coordenadas			Vinculación exterior									Vinculación interior	
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	Dependencias	$U_x$	$U_y$		$U_z$
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N2	0.000	4.660	0.000	-	X	X	-	-	-	Recta	1.000	0.000	0.000	Empotrado

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.2.3.1.2 Barras

#### Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E(MPa)	$\nu$	G(MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m³)
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	13700.00	7.059	850.00	0.000005	5.10

Notación:

*E:* Módulo de elasticidad  
 *$\nu$ :* Módulo de Poisson  
*G:* Módulo de cortadura  
 *$\alpha_t$ :* Coeficiente de dilatación  
 *$\gamma$ :* Peso específico

#### Descripción

Descripción									
Material		Barra(	Pieza(	Perfil(Serie)	Longitud(	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub>	Lb <sub>Inf.</sub>
Tipo	Designación	Ni/Nf)	Ni/Nf)						
Madera	GL32h	N1/N2	N1/N2	R 300x350 (R)	4.660	1.00	1.00	-	-

Notación:

*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final  
 *$\beta_{xy}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'  
 *$\beta_{xz}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'  
*Lb<sub>Sup.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala superior  
*Lb<sub>Inf.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala inferior

#### Características mecánicas

##### Tipos de pieza

Ref.	Piezas
1	N1/N2

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A(cm²)	Avy(cm²)	Avz(cm²)	Iyy(cm4)	Izz(cm4)	It(cm4)
Tipo	Designación								
Madera	GL32h	1	R 300x350, (R)	1050.00	875.00	875.00	107187.50	78750.00	151830.00

Notación:

*Ref.:* Referencia  
*A:* Área de la sección transversal  
*Avy:* Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'  
*Avz:* Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'  
*Iyy:* Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'  
*Izz:* Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'  
*It:* Inercia a torsión

Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Tabla de medición**

Tabla de medición						
Material		Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	Volumen(m³)	Peso(kg)
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	N1/N2	R 300x350 (R)	4.660	0.489	254.44

Notación:  
 Ni: Nudo inicial  
 Nf: Nudo final

**Resumen de medición**

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m³)	Serie(m³)	Material(m³)	Perfil(kg)	Serie(kg)	Material(kg)
			R 300x350	4.660			0.489			254.44		
		R		4.660			0.489			254.44		
Madera	GL32h				4.660			0.489				254.44

**Medición de superficies**

Madera: Medición de las superficies a pintar					
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m²/m)	Longitud(m)	Superficie(m²)	
R	R 300x350	1.300	4.660	6.058	
<b>Total</b>				<b>6.058</b>	

**4.1.2.3.2 Cargas**

**4.1.2.3.2.1 Barras**

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

⇒ Incrementos de temperatura: °C.

			Cargas en barras							
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores			Posición		Dirección		
			P1	P2	L1(m)	L2(m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.536	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N2	Peso propio	Uniforme	6.210	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N2	Q USO	Uniforme	5.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

#### 4.1.2.3.3 Resultados

##### 4.1.2.3.3.1 Nudos

#### Desplazamientos

Referencias:

Dx, Dy, Dz: Desplazamientos de los nudos en ejes globales.  
 Gx, Gy, Gz: Giros de los nudos en ejes globales.

#### Hipótesis

Desplazamientos de los nudos, por hipótesis								
Referencia	Descripción	Desplazamientos en ejes globales						
		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)	
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.000	-1.937	0.000	0.000	
	Q USO	0.000	0.000	0.000	-1.551	0.000	0.000	
N2	Peso propio	0.000	0.000	0.000	1.937	0.000	0.000	
	Q USO	0.000	0.000	0.000	1.551	0.000	0.000	

#### Combinaciones

Desplazamientos de los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	-1.937	0.000	0.000
		PP+QUSO	0.000	0.000	0.000	-3.487	0.000	0.000
N2	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	1.937	0.000	0.000
		PP+QUSO	0.000	0.000	0.000	3.487	0.000	0.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Envolventes

Envolvente de los desplazamientos en nudos									
Referencia	Tipo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
		Descripción		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente		0.000	0.000	0.000	-3.487	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente		0.000	0.000	0.000	-1.937	0.000	0.000
N2	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente		0.000	0.000	0.000	1.937	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente		0.000	0.000	0.000	3.487	0.000	0.000

### Reacciones

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).

Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

### Hipótesis

Reacciones en los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Reacciones en ejes globales					
		Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Peso propio	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	12.582	0.00	0.00	0.00
N2	Peso propio	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	12.582	0.00	0.00	0.00

### Combinaciones

Reacciones en los nudos, por combinación										
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales							
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)		
N1	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00		
		1.6-PP	0.000	0.000	25.148	0.00	0.00	0.00		
		PP+1.6-QUSO	0.000	0.000	35.849	0.00	0.00	0.00		
		1.6-PP+1.6-QUSO	0.000	0.000	45.279	0.00	0.00	0.00		
	Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00		
		PP+QUSO	0.000	0.000	28.299	0.00	0.00	0.00		
		N2	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00
				1.6-PP	0.000	0.000	25.148	0.00	0.00	0.00
PP+1.6-QUSO	0.000			0.000	35.849	0.00	0.00	0.00		
1.6-PP+1.6-QUSO	0.000			0.000	45.279	0.00	0.00	0.00		
Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00			
	PP+QUSO	0.000	0.000	28.299	0.00	0.00	0.00			

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Envolventes

Envolventes de las reacciones en nudos									
Referencia	Tipo	Combinación	Descripción	Reacciones en ejes globales					
				Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Hormigón en cimentaciones		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	45.279	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	28.299	0.00	0.00	0.00
N2	Hormigón en cimentaciones		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	45.279	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	15.717	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	28.299	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

#### 4.1.2.3.3.2 Barras

### Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

### Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.583 m	1.165 m	1.748 m	2.330 m	2.913 m	3.495 m	4.078 m	4.660 m
N1/N2	Peso propio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-15.717	-11.788	-7.859	-3.929	0.000	3.929	7.859	11.788	15.717
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	8.01	13.73	17.17	18.31	17.17	13.73	8.01	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q USO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-12.582	-9.436	-6.291	-3.145	0.000	3.146	6.291	9.437	12.582
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	6.41	10.99	13.74	14.66	13.74	10.99	6.41	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Combinaciones

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.583 m	1.165 m	1.748 m	2.330 m	2.913 m	3.495 m	4.078 m	4.660 m	
N1/N2	Madera	0.8-PP	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-12.574	-9.430	-6.287	-3.143	0.000	3.143	6.287	9.430	12.574	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	6.41	10.99	13.73	14.65	13.73	10.99	6.41	0.00	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		1.35-PP	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-21.218	-15.914	-10.609	-5.305	0.000	5.305	10.609	15.914	21.218	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	10.81	18.54	23.17	24.72	23.17	18.54	10.81	0.00	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		Vz	-31.447	-23.585	-15.723	-7.862	0.000	7.862	15.723	23.585	31.447		
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		My	0.00	16.03	27.48	34.35	36.64	34.35	27.48	16.03	0.00		
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	1.35-PP+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		Vz	-40.091	-30.069	-20.046	-10.023	0.000	10.023	20.046	30.069	40.091		
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		My	0.00	20.43	35.03	43.79	46.71	43.79	35.03	20.43	0.00		
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

### Envoltentes

Envoltentes de los esfuerzos en barras												
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.583 m	1.165 m	1.748 m	2.330 m	2.913 m	3.495 m	4.078 m	4.660 m	
N1/N2	Madera	N <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	-40.091	-30.069	-20.046	-10.023	0.000	3.143	6.287	9.430	12.574	
		Vz <sub>máx</sub>	-12.574	-9.430	-6.287	-3.143	0.000	10.023	20.046	30.069	40.091	
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My <sub>min</sub>	0.00	6.41	10.99	13.73	14.65	13.73	10.99	6.41	0.00	
		My <sub>máx</sub>	0.00	20.43	35.03	43.79	46.71	43.79	35.03	20.43	0.00	
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

### Resistencia

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- ⇒ G: Sólo gravitatorias
- ⇒ GV: Gravitatorias + viento
- ⇒ GS: Gravitatorias + sismo
- ⇒ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100\%$ .

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	35.28	2.330	0.000	0.000	0.000	0.00	46.71	0.00	G	Cumple

Comprobación de resistencia en situación de incendio										
R. req. <sup>(1)</sup> : R30										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	13.18	2.330	0.000	0.000	0.000	0.00	18.31	0.00	G	Cumple

Notas:

<sup>(1)</sup> Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).

### Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)
N1/N2	0.000	0.00	2.330	5.52	0.000	0.00	2.330	2.46
	-	L(>1000)	2.330	L/843.9	-	L(>1000)	2.330	L(>1000)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Comprobaciones E.L.U. (Completo)**

Barra N1/N2  
**Perfil:** R 300x350 **Material:** Madera (GL32h)

Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
N1	N2	4.660	1050.00	107187.50	78750.00	151830.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	4.660	4.660	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						
<b>Situación de incendio</b>						
Resistencia requerida: R30						

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : 0.353 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.330 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·QUSO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

σ<sub>m,d</sub>: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

σ<sub>m,y,d</sub><sup>+</sup> : 7.63 MPa

σ<sub>m,y,d</sub><sup>-</sup> : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d</sub><sup>+</sup>** : 46.71 kN·m

**M<sub>y,d</sub><sup>-</sup>** : 0.00 kN·m

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,y</sub>** : 6125.00 cm<sup>3</sup>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d^+}$ :	<u>21.61</u>	MPa
$f_{m,y,d^-}$ :	<u>16.21</u>	MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod^+}$ :	<u>0.80</u>
$k_{mod^-}$ :	<u>0.60</u>

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase<sup>+</sup>:** Duración media

Clase de servicio

**Clase<sup>-</sup>:** Permanente

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$ : 32.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$ : 1.06

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600 / h)^{0.1} ; 1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$ : 350.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.351 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·QUSO.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$ : 0.85 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$ : 40.09 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$ : 1050.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$ : 2.43 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{mod}$ :	<u>0.80</u>	
$f_{v,k}$ :	<u>3.80</u>	MPa
$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>	

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.132 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.330 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$ :	<u>5.21</u>	MPa
$\sigma_{m,y,d,fi}$ :	<u>0.00</u>	MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d+</sub> :** 18.31 kN·m

**M<sub>y,d-</sub> :** 0.00 kN·m

**W<sub>el,fi</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,y,fi</sub> :** 3515.06 cm<sup>3</sup>

**f<sub>m,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**f<sub>m,y,d,fi</sub> :** 39.52 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**k<sub>mod,fi</sub> :** 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase :** Permanente

Clase de servicio

**Clase :** 1

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub> :** 32.00 MPa

**k<sub>h,fi</sub>:** Factor de altura, dado por:

**k<sub>h,fi</sub> :** 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1 \right.$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h<sub>fi</sub> :** 294.00 mm

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M,fi</sub> :** 1.00

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

**k<sub>fi</sub> :** 1.15

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

**η :** 0.112 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

**τ<sub>d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a cortante, dada por:

**τ<sub>z,d,fi</sub> :** 0.49 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>:** Cortante de cálculo

**V<sub>z,d</sub> :** 15.72 kN

**A<sub>fi</sub>:** Área de la sección transversal

**A<sub>fi</sub> :** 717.36 cm<sup>2</sup>

**k<sub>cr</sub>:** Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

**k<sub>cr</sub> :** 0.67

**f<sub>v,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

**f<sub>v,d,fi</sub> :** 4.37 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,fi}$ :	<u>1.00</u>
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$ :	<u>3.80</u> MPa
$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$ :	<u>1.00</u>
$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_{fi}$ :	<u>1.15</u>

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	N.P.(2)	x: 2.33 m $\eta = 35.3$	N.P.(3)	N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 35.1$	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.3$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
- (9) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	N.P.(2)	$x: 2.33 \text{ m}$ $\eta = 13.2$	N.P.(3)	N.P.(4)	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 11.2$	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 13.2$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- $x$ : Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
- (9) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

#### 4.1.3 CÁLCULO VIGUETA PERTENECIENTE AL ENTRAMADO HORIZONTAL DEL TECHO DE LA PLANTA SEMISÓTANO

##### 4.1.3.1 Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la vigueta.

-Cálculo vigueta biapoyada más desfavorable:

- La de mayor longitud (3,15 m)
- La que recibe más carga, por situarse en el forjado inferior de la vivienda.
- Viga de madera laminada GL32h, de clase resistente C-40. Escuadría 100 x 200 mm

-Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la viga:

##### Peso Propio:

- Panel sándwich TERMOCHIP 0,2 KN/m<sup>2</sup>
- Mortero (20 KN/m<sup>2</sup> x 0,04 (espesor))= 0,8KN/m<sup>2</sup> 0,8 KN/m<sup>2</sup>
- Baldosa 0,3 KN/m<sup>2</sup>

**PESO PROPIO 1,3 KN/m<sup>2</sup>**

- Tabiquería peso < 1,2 kN/m<sup>2</sup>
- (según **artículo 2.1.3 del CTE SE-AE**) 1 kN/m<sup>2</sup>

**G.PERMANENTE TOTAL 2,3 KN/m<sup>2</sup>**

##### Conversión a cargas lineales:

2,3 KN/m<sup>2</sup> x 0,5 m (Faja de carga)= **1,15 KN/m G.PERMANENTE**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

2 KN/m<sup>2</sup> (Uso residencial vivienda) x 0,5 m=1,00 KN/m<sup>2</sup> Q.USO

**4.1.3.2 Datos de la obra**

**4.1.3.2.1 Normas consideradas**

Madera: CTE DB SE-M

Categoría de uso: G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

**4.1.3.2.2 Estados límite**

E.L.U. de rotura. Madera	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

**4.1.3.2.2.1 Situaciones de proyecto**

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

**- Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

**- Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

- G<sub>k</sub> Acción permanente
- Q<sub>k</sub> Acción variable
- γ<sub>G</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- γ<sub>Q,1</sub> Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- γ<sub>Q,i</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- Ψ<sub>p,1</sub> Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- Ψ<sub>a,i</sub> Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

<b>Accidental de incendio</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

**Desplazamientos**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**4.1.3.2.2.2 Combinaciones**

⇒ **Nombres de las hipótesis**

PP      Peso propio  
 Q USO   Q USO

⇒ **E.L.U. de rotura. Madera**

**1. Coeficientes para situaciones persistentes o transitorias**

Comb.	PP	Q	USO
1	0.800		
2	1.350		
3	0.800	1.500	
4	1.350	1.500	

**2. Coeficientes para situaciones accidentales de incendio**

Comb.	PP	Q	USO
1	1.000		

⇒ **Desplazamientos**

Comb.	PP	Q	USO
1	1.000		
2	1.000	1.000	

**4.1.3.2.3 Resistencia al fuego**

Perfiles de acero

Norma: CTE DB SI. Anejo D: Resistencia al fuego de los elementos de acero.

Resistencia requerida: R 30

Perfiles de madera

Norma: CTE DB SI. Anejo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Resistencia requerida: R30

**4.1.3.3 Estructura**

**4.1.3.3.1. Geometría**

**4.1.3.3.1.1 Nudos**

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Ux, Uy, Uz: Vector director de la recta o vector normal al plano de dependencia

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.

Referencia	Nudos														
	Coordenadas			Vinculación exterior											Vinculación interior
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	Dependencias	Ux	Uy	Uz		
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado	
N2	0.000	3.150	0.000	-	X	X	-	-	-	Recta	1.000	0.000	0.000	Empotrado	

#### 4.1.3.3.1.2 Barras

##### Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E(MPa)	$\nu$	G(MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m³)
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	13700.00	7.059	850.00	0.000005	5.10

Notación:

*E:* Módulo de elasticidad  
 *$\nu$ :* Módulo de Poisson  
*G:* Módulo de cortadura  
 *$\alpha_t$ :* Coeficiente de dilatación  
 *$\gamma$ :* Peso específico

##### Descripción

Descripción									
Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designación								
Madera	GL32h	N1/N2	N1/N2	R 100x200 (R)	3.150	1.00	1.00	-	-

Notación:

*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final  
 *$\beta_{xy}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'  
 *$\beta_{xz}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'  
*Lb<sub>Sup.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala superior  
*Lb<sub>Inf.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala inferior

##### Características mecánicas

###### Tipos de pieza

Ref.	Piezas
1	N1/N2

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A(cm²)	Avy(cm²)	Avz(cm²)	Iyy(cm4)	Izz(cm4)	It(cm4)
Tipo	Designación								
Madera	GL32h	1	R 100x200, (R)	200.00	166.67	166.67	6666.67	1666.67	4580.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Notación:

Ref.: Referencia

A: Área de la sección transversal

Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'

Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'

Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'

Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'

It: Inercia a torsión

Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

### Tabla de medición

Tabla de medición						
Material		Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	Volumen(m³)	Peso(kg)
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	N1/N2	R 100x200 (R)	3.150	0.063	32.76

Notación:

Ni: Nudo inicial

Nf: Nudo final

### Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m³)	Serie(m³)	Material(m³)	Perfil(kg)	Serie(kg)	Material(kg)
			R 100x200	3.150				0.063			32.76	
		R		3.150				0.063			32.76	
Madera	GL32h					3.150			0.063			32.76

### Medición de superficies

Madera: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m²/m)	Longitud(m)	Superficie(m²)
R	R 100x200	0.600	3.150	1.890
<b>Total</b>				<b>1.890</b>

#### 4.1.3.3.2. Cargas

##### 4.1.3.3.2.1 Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras											
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores				Posición		Dirección		
			P1	P2	L1(m)	L2(m)	Ejes	X	Y	Z	
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.102	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	
N1/N2	Peso propio	Uniforme	1.150	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	
N1/N2	Q USO	Uniforme	1.000	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	

#### 4.1.3.3.3 Resultados

##### 4.1.3.3.3.1 Nudos

### Desplazamientos

Referencias:

Dx, Dy, Dz: Desplazamientos de los nudos en ejes globales.  
 Gx, Gy, Gz: Giros de los nudos en ejes globales.

### Hipótesis

Desplazamientos de los nudos, por hipótesis								
Referencia	Descripción	Desplazamientos en ejes globales						
		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)	
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.000	-1.785	0.000	0.000	
	Q USO	0.000	0.000	0.000	-1.426	0.000	0.000	
N2	Peso propio	0.000	0.000	0.000	1.785	0.000	0.000	
	Q USO	0.000	0.000	0.000	1.426	0.000	0.000	

### Combinaciones

Desplazamientos de los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	-1.785	0.000	0.000
		PP+QUSO	0.000	0.000	0.000	-3.211	0.000	0.000
N2	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	1.785	0.000	0.000
		PP+QUSO	0.000	0.000	0.000	3.211	0.000	0.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Envolventes

Envolvente de los desplazamientos en nudos								
Referencia	Tipo	Combinación Descripción	Desplazamientos en ejes globales					
			Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	-3.211	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	-1.785	0.000	0.000
N2	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	1.785	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	3.211	0.000	0.000

### Reacciones

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).

Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

### Hipótesis

Reacciones en los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Reacciones en ejes globales					
		Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Peso propio	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	1.575	0.00	0.00	0.00
N2	Peso propio	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	1.575	0.00	0.00	0.00

### Combinaciones

Reacciones en los nudos, por combinación										
Referencia	Tipo	Combinación Descripción	Reacciones en ejes globales							
			Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)		
N1	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00		
		1.6·PP	0.000	0.000	3.155	0.00	0.00	0.00		
		PP+1.6·QUSO	0.000	0.000	4.492	0.00	0.00	0.00		
		1.6·PP+1.6·QUSO	0.000	0.000	5.675	0.00	0.00	0.00		
	Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00		
		PP+QUSO	0.000	0.000	3.547	0.00	0.00	0.00		
		N2	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00
				1.6·PP	0.000	0.000	3.155	0.00	0.00	0.00
PP+1.6·QUSO	0.000			0.000	4.492	0.00	0.00	0.00		
1.6·PP+1.6·QUSO	0.000			0.000	5.675	0.00	0.00	0.00		
Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00			
	PP+QUSO	0.000	0.000	3.547	0.00	0.00	0.00			

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Envolventes

Envolventes de las reacciones en nudos									
Referencia	Tipo	Combinación	Descripción	Reacciones en ejes globales					
				Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Hormigón en cimentaciones		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	5.675	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	3.547	0.00	0.00	0.00
N2	Hormigón en cimentaciones		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	5.675	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	1.972	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	3.547	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

#### 4.1.3.3.2 Barras

### Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

### Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis												
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.394 m	0.788 m	1.181 m	1.575 m	1.969 m	2.363 m	2.756 m	3.150 m	
N1/N2	Peso propio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.972	-1.479	-0.986	-0.493	0.000	0.493	0.986	1.479	1.972	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.68	1.16	1.46	1.55	1.46	1.16	0.68	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q USO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-1.575	-1.181	-0.787	-0.394	0.000	0.394	0.788	1.181	1.575	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.54	0.93	1.16	1.24	1.16	0.93	0.54	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Combinaciones

Esfuerzos en barras, por combinación												
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra								
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.394 m	0.788 m	1.181 m	1.575 m	1.969 m	2.363 m	2.756 m	3.150 m
N1/N2	Madera	0.8-PP	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-1.578	-1.183	-0.789	-0.394	0.000	0.394	0.789	1.183	1.578
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.00	0.54	0.93	1.16	1.24	1.16	0.93	0.54	0.00
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.35-PP	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-2.662	-1.997	-1.331	-0.666	0.000	0.666	1.331	1.997	2.662
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.00	0.92	1.57	1.97	2.10	1.97	1.57	0.92	0.00
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.8-PP+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-3.940	-2.955	-1.970	-0.985	0.000	0.985	1.970	2.955	3.940	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.00	1.36	2.33	2.91	3.10	2.91	2.33	1.36	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	1.35-PP+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-5.025	-3.768	-2.512	-1.256	0.000	1.256	2.512	3.768	5.025	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.00	1.73	2.97	3.71	3.96	3.71	2.97	1.73	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

### Envolventes

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.394 m	0.788 m	1.181 m	1.575 m	1.969 m	2.363 m	2.756 m	3.150 m
N1/N2	Madera	N <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	-5.025	-3.768	-2.512	-1.256	0.000	0.394	0.789	1.183	1.578
		Vz <sub>máx</sub>	-1.578	-1.183	-0.789	-0.394	0.000	1.256	2.512	3.768	5.025
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	0.00	0.54	0.93	1.16	1.24	1.16	0.93	0.54	0.00
		My <sub>máx</sub>	0.00	1.73	2.97	3.71	3.96	3.71	2.97	1.73	0.00
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### Resistencia

Referencias:

- N: Esfuerzo axil (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN-m)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)  
 Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- ≡ G: Sólo gravitatorias
- ≡ GV: Gravitatorias + viento
- ≡ GS: Gravitatorias + sismo
- ≡ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100$  %.

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	26.35	1.575	0.000	0.000	0.000	0.00	3.96	0.00	G	Cumple

Comprobación de resistencia en situación de incendio										
R. req.(1): R30										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	25.23	1.575	0.000	0.000	0.000	0.00	1.55	0.00	G	Cumple

Notas:

(1) Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).

### Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta		Flecha máxima absoluta		Flecha activa absoluta		Flecha activa absoluta	
	xy	Flecha máxima relativa	xz	Flecha máxima relativa	xy	Flecha activa relativa	xz	Flecha activa relativa
	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)
N1/N2	0.000	0.00	1.575	3.36	0.000	0.00	1.575	1.49
	-	L(>1000)	1.575	L/938.0	-	L(>1000)	1.575	L(>1000)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Comprobaciones E.L.U. (Completo)**

Barra N1/N2

**Perfil:** R 100x200 **Material:** Madera (GL32h)

	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
	N1	N2	3.150	200.00	6666.67	1666.67	4580.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>		3.150	3.150	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>i</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : 0.263 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.575 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·QUSO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

σ<sub>m,d</sub>: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

σ<sub>m,y,d</sub><sup>+</sup> : 5.94 MPa

σ<sub>m,y,d</sub><sup>-</sup> : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = \frac{|M_d|}{W_{el}}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d</sub>**<sup>+</sup> : 3.96 kN·m

**M<sub>y,d</sub>**<sup>-</sup> : 0.00 kN·m

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  
 $f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$W_{el,y}$ :	666.67	cm <sup>3</sup>
$f_{m,y,d^+}$ :	22.53	MPa
$f_{m,y,d^-}$ :	16.90	MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod^+}$ :	0.80
$k_{mod^-}$ :	0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase<sup>+</sup>**: Duración media

**Clase<sup>-</sup>**: Permanente

Clase de servicio

**Clase**: 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$ : 32.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$ : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$ : 200.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.231 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·QUSO.

Donde:

$\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$ : 0.56 MPa

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$ : 5.02 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$ : 200.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$ : 2.43 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$ : 0.80

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$ : 3.80 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.25

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.252 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.575 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$ : 10.21 MPa

$\sigma_{m,y,d,fi}$ : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$ : 1.55 kN·m

$M_{y,d^-}$ : 0.00 kN·m

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y,fi}$ : <u>152.06</u> cm <sup>3</sup>
$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d,fi}$ : <u>40.48</u> MPa
$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$	
Donde:	
$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,fi}$ : <u>1.00</u>
Donde:	
Clase de duración de la carga	<b>Clase</b> : <u>Permanente</u>
Clase de servicio	<b>Clase</b> : <u>1</u>
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$ : <u>32.00</u> MPa
$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,fi}$ : <u>1.10</u>
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:	
$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1 \right\}$	
Donde:	
$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h_{fi}$ : <u>144.00</u> mm
$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$ : <u>1.00</u>
$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_{fi}$ : <u>1.15</u>

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.159} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:  $\tau_{z,d,fi}$ : 0.70 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo  $V_{z,d}$ : 1.97 kN  
 $A_{fi}$ : Área de la sección transversal  $A_{fi}$ : 63.36 cm<sup>2</sup>  
 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas  $k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:  $f_{v,d,fi}$ : 4.37 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad  $k_{mod,fi}$ : 1.00  
 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante  $f_{v,k}$ : 3.80 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$ : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$ : 1.15

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE												Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$		
N1/N2	N.P.(1)	N.P.(2)	x: 1.575 m $\eta = 26.3$	N.P.(3)	N.P.(4)	x: 0 m $\eta = 23.1$	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.3$	

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
- (9) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	N.P.(2)	$x: 1.575 \text{ m}$ $\eta = 25.2$	N.P.(3)	N.P.(4)	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 15.9$	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.2$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- $x$ : Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

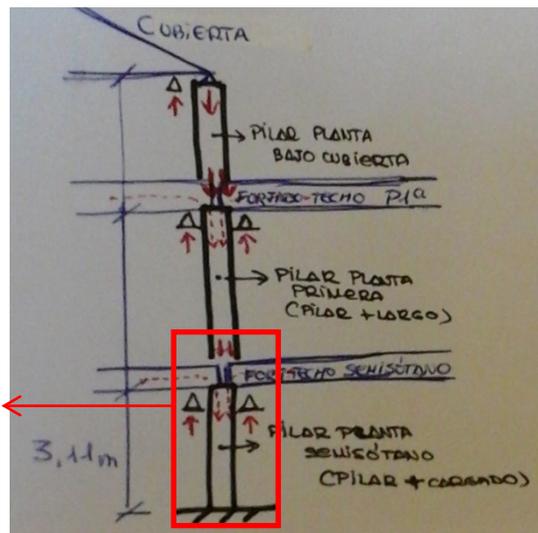
Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
- (9) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

#### 4.1.4 CÁLCULO PILAR PERTENECIENTE A LA PLANTA SEMISÓTANO

##### 4.1.4.1 Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre el pilar.

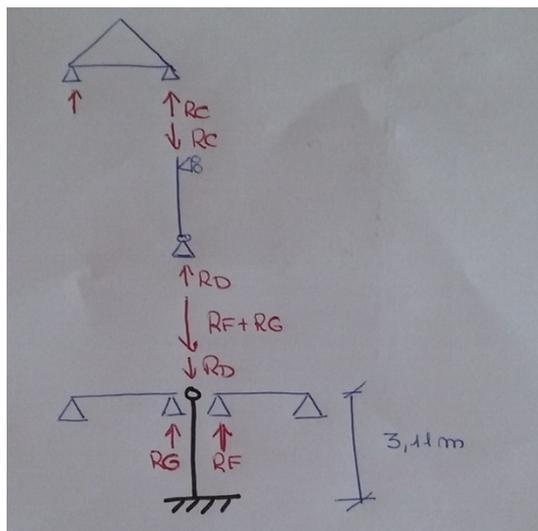
PILAR QUE RECIBE LA MAYOR CARGA, PLANTA SEMISÓTANO. MADERA LAMINADA GL 32h. ESCUADRÍA: 300 x 300 mm. LONGITUD 3,11 m.



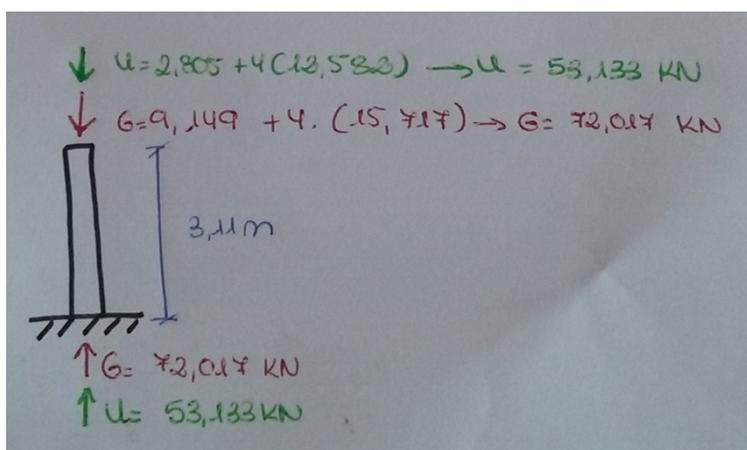
PILAR OBJETO DE CÁLCULO

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.



IDEALIZACIÓN DE LAS CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE EL PILAR



CÁLCULO REACCIONES

**4.1.4.2 Datos de la obra**

**4.1.4.2.1 Normas consideradas**

Madera: CTE DB SE-M

**Categoría de uso:** G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento

**4.1.4.2.2 Estados límite**

E.L.U. de rotura. Madera	CTE
	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.4.2.2.1 Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

**- Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

**- Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

- G<sub>k</sub> Acción permanente
- Q<sub>k</sub> Acción variable
- γ<sub>G</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- γ<sub>Q,1</sub> Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- γ<sub>Q,i</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- Ψ<sub>p,1</sub> Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- Ψ<sub>a,i</sub> Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

	<b>Persistente o transitoria</b>			
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

**Desplazamientos**

	<b>Acciones variables sin sismo</b>	
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

#### 4.1.4.2.2.2 Combinaciones

⇒ **Nombres de las hipótesis**

- PP      Peso propio
- G        G
- Q USO    Q USO

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

⇒ **E.L.U. de rotura. Madera**

Comb.	PP	G	Q	USO
1	0.800	0.800		
2	1.350	0.800		
3	0.800	1.350		
4	1.350	1.350		
5	0.800	0.800	1.500	
6	1.350	0.800	1.500	
7	0.800	1.350	1.500	
8	1.350	1.350	1.500	

⇒ **Desplazamientos**

Comb.	PP	G	Q	USO
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	1.000	

**4.1.4.2.3 Resistencia al fuego**

**Perfiles de madera**

Norma: CTE DB SI. Anejo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Resistencia requerida: R30

**4.1.4.3 Estructura**

**4.1.4.3.1 Geometría**

**4.1.4.3.1.1 Nudos**

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

$U_x, U_y, U_z$ : Vector director de la recta o vector normal al plano de dependencia

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.<sup>1</sup>

Referencia	Nudos														
	Coordenadas			Vinculación exterior									Vinculación interior		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	Dependencias	$U_x$	$U_y$	$U_z$		
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado	
N2	0.000	0.000	3.110	X	X	-	-	-	-	Recta	0.000	0.000	1.000	Empotrado	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.4.3.1.2 Barras

##### Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E(MPa)	$\nu$	G(MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	13700.00	7.059	850.00	0.000005	5.10

Notación:

*E:* Módulo de elasticidad  
 *$\nu$ :* Módulo de Poisson  
*G:* Módulo de cortadura  
 *$\alpha_t$ :* Coeficiente de dilatación  
 *$\gamma$ :* Peso específico

##### Descripción

Descripción									
Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designación								
Madera	GL32h	N1/N2	N1/N2	R 300x300 (R)	3.110	1.00	1.00	-	-

Notación:

*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final  
 *$\beta_{xy}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'  
 *$\beta_{xz}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'  
*Lb<sub>Sup.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala superior  
*Lb<sub>Inf.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala inferior

##### Características mecánicas

###### Tipos de pieza

Ref.	Piezas
1	N1/N2

###### Características mecánicas

Material		Ref.	Descripción	A(cm <sup>2</sup> )	Avy(cm <sup>2</sup> )	Avz(cm <sup>2</sup> )	Iyy(cm <sup>4</sup> )	Izz(cm <sup>4</sup> )	It(cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Madera	GL32h	1	R 300x300, (R)	900.00	750.00	750.00	67500.00	67500.00	113400.00

Notación:

*Ref.:* Referencia  
*A:* Área de la sección transversal  
*Avy:* Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'  
*Avz:* Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'  
*Iyy:* Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'  
*Izz:* Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'  
*It:* Inercia a torsión  
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Tabla de medición**

Tabla de medición						
Material		Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	Volumen(m³)	Peso(kg)
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	N1/N2	R 300x300 (R)	3.110	0.280	145.55

Notación:  
 Ni: Nudo inicial  
 Nf: Nudo final

**Resumen de medición**

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m³)	Serie(m³)	Material(m³)	Perfil(kg)	Serie(kg)	Material(kg)
			R 300x300	3.110			0.280				145.55	
		R		3.110			0.280				145.55	
Madera	GL32h				3.110			0.280				145.55

**Medición de superficies**

Madera: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m²/m)	Longitud(m)	Superficie(m²)
R	R 300x300	1.200	3.110	3.732
<b>Total</b>				<b>3.732</b>

**4.1.4.3.2 Cargas**

**4.1.4.3.2.1 Nudos**

Cargas en nudos					
Referencia	Hipótesis	Cargas puntuales(kN)	Dirección		
			X	Y	Z
N2	G	72.02	0.000	0.000	-1.000
N2	Q USO	53.13	0.000	0.000	-1.000

**4.1.4.3.2.2 Barras**

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores				Posición	Dirección		
			P1	P2	L1(m)	L2(m)		Ejes	X	Y
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.459	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

#### 4.1.4.3.3 Resultados

##### 4.1.4.3.3.1 Nudos

### Desplazamientos

Referencias:

Dx, Dy, Dz: Desplazamientos de los nudos en ejes globales.  
 Gx, Gy, Gz: Giros de los nudos en ejes globales.

### Hipótesis

Desplazamientos de los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Desplazamientos en ejes globales					
		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Q USO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Peso propio	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	-0.182	0.000	0.000	0.000
	Q USO	0.000	0.000	-0.134	0.000	0.000	0.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Combinaciones

Desplazamientos de los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	PP+G	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+G+QUSO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Desplazamientos	PP+G	0.000	0.000	-0.183	0.000	0.000	0.000
		PP+G+QUSO	0.000	0.000	-0.317	0.000	0.000	0.000

### Envolventes

Envolvente de los desplazamientos en nudos									
Referencia	Tipo	Combinación	Descripción	Desplazamientos en ejes globales					
				Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Desplazamientos		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	-0.317	0.000	0.000	0.000
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	-0.183	0.000	0.000	0.000

### Reacciones

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).  
 Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

### Hipótesis

Reacciones en los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Reacciones en ejes globales					
		Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)
N1	Peso propio	0.000	0.000	1.428	0.00	0.00	0.00
	G	0.000	0.000	72.017	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	53.133	0.00	0.00	0.00
N2	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
	G	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Combinaciones

Reacciones en los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)
N1	Hormigón en cimentaciones	PP+G	0.000	0.000	73.445	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G	0.000	0.000	74.302	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G	0.000	0.000	116.655	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G	0.000	0.000	117.512	0.00	0.00	0.00
		PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	158.458	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	159.314	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	201.668	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	202.525	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	PP+G	0.000	0.000	73.445	0.00	0.00	0.00
		PP+G+QUSO	0.000	0.000	126.578	0.00	0.00	0.00
N2	Hormigón en cimentaciones	PP+G	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	PP+G	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		PP+G+QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

### Envolventes

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)
N1	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	73.445	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	202.525	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	73.445	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	126.578	0.00	0.00	0.00
N2	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.4.3.2 Barras

##### Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

##### Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.389 m	0.777 m	1.166 m	1.555 m	1.944 m	2.333 m	2.721 m	3.110 m
N1/N2	Peso propio	N	-1.428	-1.249	-1.071	-0.892	-0.714	-0.535	-0.357	-0.178	0.000
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
G		N	-72.017	-72.017	-72.017	-72.017	-72.017	-72.017	-72.017	-72.017	-72.017
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q USO		N	-53.133	-53.133	-53.133	-53.133	-53.133	-53.133	-53.133	-53.133	-53.133
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

### Combinaciones

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Tipo	Combinación Descripción	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
				0.000 m	0.389 m	0.777 m	1.166 m	1.555 m	1.944 m	2.333 m	2.721 m	3.110 m	
N1/N2	Madera	0.8-PP+0.8-G	N	-58.756	-58.613	-58.470	-58.328	-58.185	-58.042	-57.899	-57.756	-57.614	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.35-PP+0.8-G	N	-59.541	-59.300	-59.059	-58.818	-58.577	-58.336	-58.095	-57.855	-57.614	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		0.8-PP+1.35-G	N	-98.365	-98.222	-98.080	-97.937	-97.794	-97.651	-97.509	-97.366	-97.223	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		1.35-PP+1.35-G	N	-99.151	-98.910	-98.669	-98.428	-98.187	-97.946	-97.705	-97.464	-97.223	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		0.8-PP+0.8-G+1.5-QUSO	N	-138.455	-138.313	-138.170	-138.027	-137.884	-137.741	-137.599	-137.456	-137.313	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.35-PP+0.8-G+1.5-QUSO	N	-139.241	-139.000	-138.759	-138.518	-138.277	-138.036	-137.795	-137.554	-137.313			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
0.8-PP+1.35-G+1.5-QUSO	N	-178.065	-177.922	-177.779	-177.636	-177.494	-177.351	-177.208	-177.065	-176.922			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
1.35-PP+1.35-G+1.5-QUSO	N	-178.850	-178.609	-178.368	-178.127	-177.886	-177.645	-177.404	-177.163	-176.922			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## Envolventes

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.389 m	0.777 m	1.166 m	1.555 m	1.944 m	2.333 m	2.721 m	3.110 m
N1/N2	Madera	$N_{\min}$	-178.850	-178.609	-178.368	-178.127	-177.886	-177.645	-177.404	-177.163	-176.922
		$N_{\max}$	-58.756	-58.613	-58.470	-58.328	-58.185	-58.042	-57.899	-57.756	-57.614
		$V_{y\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{y\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{z\min}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$V_{z\max}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$M_{t\min}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$M_{t\max}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$M_{y\min}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$M_{y\max}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$M_{z\min}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		$M_{z\max}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Resistencia

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

$V_y$ : Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

$V_z$ : Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

$M_t$ : Momento torsor (kN·m)

$M_y$ : Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

$M_z$ : Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

⇒ G: Sólo gravitatorias

⇒ GV: Gravitatorias + viento

⇒ GS: Gravitatorias + sismo

⇒ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100\%$ .

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	$V_y$ (kN)	$V_z$ (kN)	$M_t$ (kN·m)	$M_y$ (kN·m)	$M_z$ (kN·m)		
N1/N2	11.16	0.000	-178.850	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Comprobación de resistencia en situación de incendio**

R. req.(1): R30

Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	4.00	0.000	-73.445	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple

Notas:

(1) Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).

**Flechas**

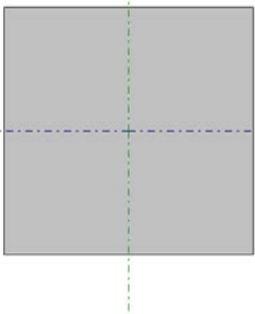
Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)
N1/N2	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
	-	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)

**Comprobaciones E.L.U. (Completo)**

Perfil: R 300x300 Material: Madera (GL32h)								
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área(cm²)	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm4)	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm4)	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm4)	
	N1	N2	3.110	900.00	67500.00	67500.00	113400.00	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00				
L <sub>K</sub>	3.110	3.110	0.000	0.000				
C <sub>1</sub>	-		□.□00					
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								
<b>Situación de incendio</b>								
Resistencia requerida: R30								

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.107 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.112 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.112 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·G+1.5·QUSO.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 1.99 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d}$  : 178.85 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 900.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 18.56 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.80

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 29.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.96

$\chi_{c,z}$  : 0.96

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 0.68

$k_z$  : 0.68

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.58

$\lambda_{rel,z}$  : 0.58

Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

Autor: Silvia Sartal García.

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$E_{0,k} : \frac{11100.00}{\text{MPa}}$$

$$f_{c,0,k} : \frac{29.00}{\text{MPa}}$$

$$\lambda_y : \frac{35.91}{\text{mm}}$$

$$\lambda_z : \frac{35.91}{\text{mm}}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$i$ : Radio de giro

$$L_{k,y} : \frac{3110.00}{\text{mm}}$$

$$L_{k,z} : \frac{3110.00}{\text{mm}}$$

$$i_y : \frac{86.60}{\text{mm}}$$

$$i_z : \frac{86.60}{\text{mm}}$$

#### **Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

#### **Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

#### **Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

#### **Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.037 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.040 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.040 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+G.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 1.23 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$  : 73.44 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 595.36 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 33.35 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 29.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$  : 0.93

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.93

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3)) + \lambda$$

$k_{y,fi}$  : 0.78

$k_{z,fi}$  : 0.78

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas  
 $\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\beta_c$  : 0.10  
 $\lambda_{rel,y,fi}$  : 0.72  
 $\lambda_{rel,z,fi}$  : 0.72

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 11100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 29.00 MPa

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_{y,fi}$  : 44.15

$\lambda_{z,fi}$  : 44.15

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 3110.00 mm

$L_{k,z}$  : 3110.00 mm

$i_{fi}$ : Radio de giro

$i_{y,fi}$  : 70.44 mm

$i_{z,fi}$  : 70.44 mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 11.2$	N.P.(2)	N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 11.2$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 4.0$	N.P.(2)	N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.0$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

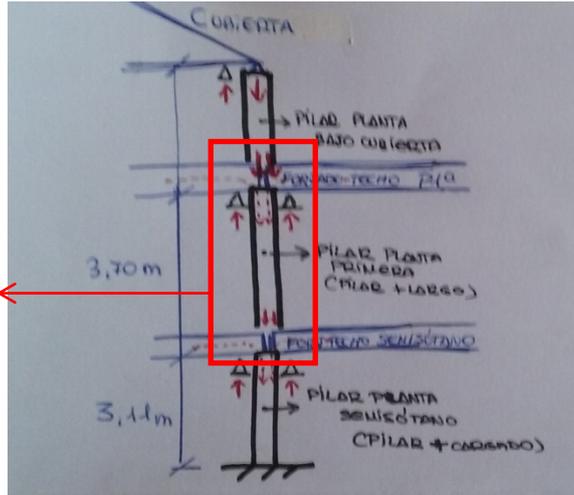
Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

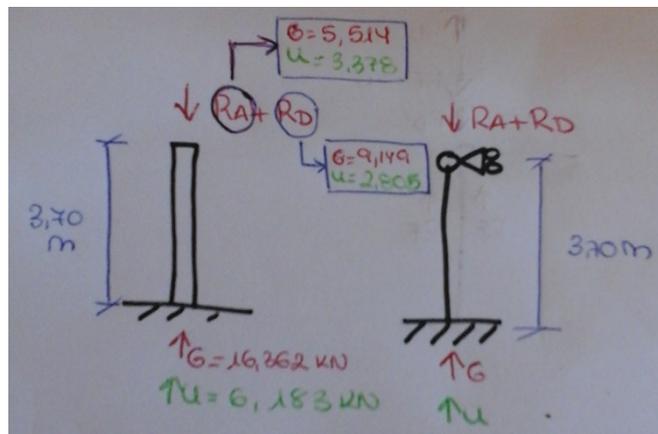
#### 4.1.5 CÁLCULO PILAR PERTENECIENTE A LA PLANTA PRIMERA

##### 4.1.5.1 Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre el pilar.

PILAR QUE PRESENTA LA MAYOR LONGITUD, PLANTA PRIMERA. MADERA LAMINADA GL 32h. ESCUADRÍA: 300 x 300 mm. LONGITUD 3,70 m.



PILAR OBJETO DE CÁLCULO



IDEALIZACIÓN DE LAS CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE EL PILAR / CÁLCULO REACCIONES

##### 4.1.5.2 Datos de la obra

###### 4.1.5.2.1 Normas consideradas

Madera: CTE DB SE-M

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.5.2.2 Estados límite

E.L.U. de rotura. Madera	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

#### 4.1.5.2.2.1 Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

**- Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

**- Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

- $G_k$  Acción permanente
- $Q_k$  Acción variable
- $\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

	Persistente o transitoria			
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

	Persistente o transitoria (G1)			
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Accidental de incendio</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

### Desplazamientos

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

#### 4.1.5.2.2.2 Combinaciones

##### ⇒ Nombres de las hipótesis

PP    Peso propio  
 Q USO    Q USO

##### ⇒ E.L.U. de rotura. Madera

#### 1. Coeficientes para situaciones persistentes o transitorias

Comb.	PP	Q USO
1	0.800	
2	1.350	
3	0.800	1.500
4	1.350	1.500

#### 2. Coeficientes para situaciones accidentales de incendio

Comb.	PP	Q USO
1	1.000	

##### ⇒ Desplazamientos

Comb.	PP	Q USO
1	1.000	
2	1.000	1.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### 4.1.5.2.3 Resistencia al fuego

#### Perfiles de acero

Norma: CTE DB SI. Anejo D: Resistencia al fuego de los elementos de acero.  
 Resistencia requerida: R 30

#### Perfiles de madera

Norma: CTE DB SI. Anejo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Resistencia requerida: R30

### 4.1.5.3 Estructura

#### 4.1.5.3.1 Geometría

##### 4.1.5.3.1.1 Nudos

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

$U_x, U_y, U_z$ : Vector director de la recta o vector normal al plano de dependencia

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.  
 -

Referencia	Nudos													
	Coordenadas			Vinculación exterior									Vinculación interior	
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	Dependencias	$U_x$	$U_y$		$U_z$
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N2	0.000	0.000	3.700	X	X	-	-	-	-	Recta	0.000	0.000	1.000	Empotrado

##### 4.1.5.3.1.2 Barras

#### Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E(MPa)	$\nu$	G(MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m³)
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	13700.00	7.059	850.00	0.000005	5.10

Notación:

*E*: Módulo de elasticidad

*$\nu$* : Módulo de Poisson

*G*: Módulo de cortadura

$\alpha_t$ : Coeficiente de dilatación

$\gamma$ : Peso específico

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Descripción

Descripción									
Material Tipo	Designación	Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)

Notación:

Ni: Nudo inicial

Nf: Nudo final

$\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'

$\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'

Lb<sub>Sup.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala superior

Lb<sub>Inf.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala inferior

### Características mecánicas

#### Tipos de pieza

Ref.	Piezas
1	N1/N2

Características mecánicas									
Material Tipo	Designación	Ref.	Descripción	A(cm <sup>2</sup> )	Avy(cm <sup>2</sup> )	Avz(cm <sup>2</sup> )	Iyy(cm <sup>4</sup> )	Izz(cm <sup>4</sup> )	It(cm <sup>4</sup> )

Notación:

Ref.: Referencia

A: Área de la sección transversal

Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'

Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'

Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'

Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'

It: Inercia a torsión

Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

### Tabla de medición

Tabla de medición						
Material Tipo	Designación	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	Volumen(m <sup>3</sup> )	Peso(kg)

Notación:

Ni: Nudo inicial

Nf: Nudo final

### Resumen de medición

Resumen de medición											
Material Tipo	Designación	Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso	
				Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m <sup>3</sup> )	Serie(m <sup>3</sup> )	Material(m <sup>3</sup> )	Perfil(kg)	Serie(kg)
			# 300	3.700			0.333			173.16	
		#		3.700			0.333			173.16	
Madera	GL32h				3.700			0.333			173.16

### Medición de superficies

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
 Prof.Dña.Patricia Alonso Alonso

**Autor: Silvia Sartal García.**

<b>Madera: Medición de las superficies a pintar</b>				
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m <sup>2</sup> /m)	Longitud(m)	Superficie(m <sup>2</sup> )
#	# 300	1.200	3.700	4.440
<b>Total</b>				<b>4.440</b>

#### 4.1.5.3.2 Cargas

##### 4.1.5.3.2.1 Nudos

<b>Cargas en nudos</b>					
Referencia	Hipótesis	Cargas puntuales(kN)	Dirección		
			X	Y	Z
N2	Peso propio	5.51	0.000	0.000	-1.000
N2	Peso propio	9.15	0.000	0.000	-1.000
N2	Q USO	3.38	0.000	0.000	-1.000
N2	Q USO	2.81	0.000	0.000	-1.000

##### 4.1.5.3.2.2 Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### 4.1.5.3.3 Resultados

#### 4.1.5.3.3.1 Nudos

##### Desplazamientos

Referencias:

Dx, Dy, Dz: Desplazamientos de los nudos en ejes globales.  
 Gx, Gy, Gz: Giros de los nudos en ejes globales.

##### Hipótesis

Desplazamientos de los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Desplazamientos en ejes globales					
		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Q USO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Peso propio	0.000	0.000	-0.047	0.000	0.000	0.000
	Q USO	0.000	0.000	-0.019	0.000	0.000	0.000

##### Combinaciones

Desplazamientos de los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		PP+QUSO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	-0.047	0.000	0.000	0.000
		PP+QUSO	0.000	0.000	-0.065	0.000	0.000	0.000

##### Envolventes

Envolvente de los desplazamientos en nudos									
Referencia	Tipo	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
		Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Desplazamientos		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	-0.065	0.000	0.000	0.000
			Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	-0.047	0.000	0.000	0.000

##### Reacciones

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).  
 Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Hipótesis**

Reacciones en los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Reacciones en ejes globales					
		Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Peso propio	0.000	0.000	16.362	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	6.183	0.00	0.00	0.00
N2	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00

**Combinaciones**

Reacciones en los nudos, por combinación									
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales						
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)	
N1	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	16.362	0.00	0.00	0.00	
		1.6-PP	0.000	0.000	26.179	0.00	0.00	0.00	
		PP+1.6-QUSO	0.000	0.000	26.254	0.00	0.00	0.00	
		1.6-PP+1.6-QUSO	0.000	0.000	36.072	0.00	0.00	0.00	
	Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	16.362	0.00	0.00	0.00	
PP+QUSO		0.000	0.000	22.545	0.00	0.00	0.00		
N2	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
		1.6-PP	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
		PP+1.6-QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
		1.6-PP+1.6-QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
	Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
		PP+QUSO	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

**Envoltentes**

Envoltentes de las reacciones en nudos									
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales						
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)	
N1	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	16.362	0.00	0.00	0.00	
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	36.072	0.00	0.00	0.00	
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	16.362	0.00	0.00	0.00	
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	22.545	0.00	0.00	0.00	
N2	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.5.3.3.2 Barras

##### Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

##### Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.462 m	0.925 m	1.388 m	1.850 m	2.313 m	2.775 m	3.237 m	3.700 m
N1/N2	Peso propio	N	-16.362	-16.149	-15.937	-15.725	-15.512	-15.300	-15.088	-14.875	-14.663
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Q USO	N	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

##### Combinaciones

Esfuerzos en barras, por combinación												
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra								
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.462 m	0.925 m	1.388 m	1.850 m	2.313 m	2.775 m	3.237 m	3.700 m
N1/N2	Madera	0.8-PP	N	-13.089	-12.919	-12.750	-12.580	-12.410	-12.240	-12.070	-11.900	-11.730
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	-22.088	-21.802	-21.515	-21.228	-20.942	-20.655	-20.368	-20.082	-19.795	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-QUSO	N	-22.364	-22.194	-22.024	-21.854	-21.684	-21.515	-21.345	-21.175	-21.005	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.35·PP+1.5·QUSO	N	-31.363	-31.076	-30.789	-30.503	-30.216	-29.930	-29.643	-29.356	-29.070
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Envoltentes

Envoltentes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.462 m	0.925 m	1.388 m	1.850 m	2.313 m	2.775 m	3.237 m	3.700 m
N1/N2	Madera	N <sub>min</sub>	-31.363	-31.076	-30.789	-30.503	-30.216	-29.930	-29.643	-29.356	-29.070
		N <sub>máx</sub>	-13.089	-12.919	-12.750	-12.580	-12.410	-12.240	-12.070	-11.900	-11.730
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Resistencia

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

⇒ G: Sólo gravitatorias

⇒ GV: Gravitatorias + viento

⇒ GS: Gravitatorias + sismo

⇒ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100\%$ .

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos p $\acute{e}$ simos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	2.01	0.000	-31.363	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple

Comprobación de resistencia en situación de incendio										
R. req.(1): R30										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos p $\acute{e}$ simos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	0.95	0.000	-16.362	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple

Notas:

(1) Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).

### Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor p $\acute{e}$ simo de la flecha.

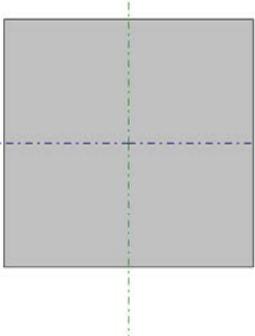
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa	Flecha máxima relativa	Flecha máxima relativa	Flecha máxima relativa	Flecha activa relativa	Flecha activa relativa	Flecha activa relativa	Flecha activa relativa
	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)
N1/N2	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
	-	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)

### Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N1/N2

Perfil: # 300 Material: Madera (GL32h)

	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm $^2$ )	I $_{y(1)}$ (cm $^4$ )	I $_{z(1)}$ (cm $^4$ )	I $_{t(2)}$ (cm $^4$ )
	N1	N2	3.700	900.00	67500.00	67500.00	113400.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.	
$\beta$	1.00		1.00	0.00		0.00	
L $_K$	3.700		3.700	0.000		0.000	
C $_1$	-			1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L $_K$ : Longitud de pandeo (m) C $_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.019 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.020 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.020 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·QUSO.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.35 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d}$  : 31.36 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 900.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 18.56 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.80

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 29.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 0.93

$\chi_{c,z}$  : 0.93

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 0.76

$k_z$  : 0.76

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.10

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.70

$\lambda_{rel,z}$  : 0.70

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \frac{11100.00}{\text{MPa}}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \frac{29.00}{\text{MPa}}$$

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_y : \frac{42.72}{\text{mm}}$$

$$\lambda_z : \frac{42.72}{\text{mm}}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \frac{3700.00}{\text{mm}}$$

$$L_{k,z} : \frac{3700.00}{\text{mm}}$$

$i$ : Radio de giro

$$i_y : \frac{86.60}{\text{mm}}$$

$$i_z : \frac{86.60}{\text{mm}}$$

#### **Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

#### **Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

#### **Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

#### **Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

#### **Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.009 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 0.27 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$  : 16.36 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 595.36 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 33.35 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 29.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$  : 0.87

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.87

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3) + \lambda_{rel,fi}^2)$$

$k_{y,fi}$  : 0.89

$k_{z,fi}$  : 0.89

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas  
 $\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\beta_c$  : 0.10  
 $\lambda_{rel,y,fi}$  : 0.85  
 $\lambda_{rel,z,fi}$  : 0.85

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 11100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 29.00 MPa

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_{y,fi}$  : 52.53

$\lambda_{z,fi}$  : 52.53

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 3700.00 mm

$L_{k,z}$  : 3700.00 mm

$i_{fi}$ : Radio de giro

$i_{y,fi}$  : 70.44 mm

$i_{z,fi}$  : 70.44 mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 2.0$	N.P.(2)	N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 2.0$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	x: 0 m $\eta = 0.9$	N.P.(2)	N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.9$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

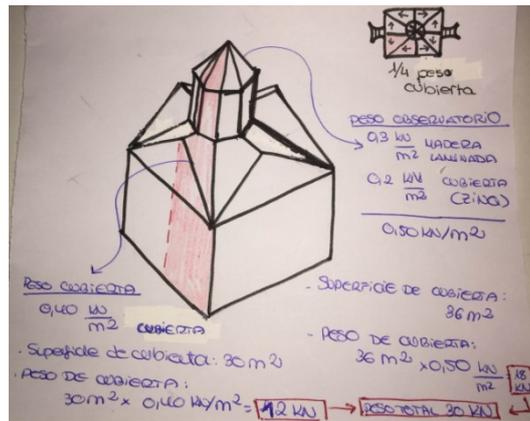
**Autor:** Silvia Sartal García.

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

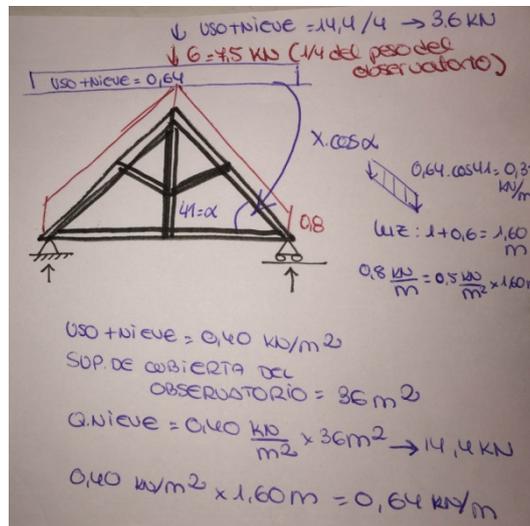
- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (7) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas.
- (8) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

#### 4.1.6 CÁLCULO CERCHA REPRESENTATIVA, DE LA ESTRUCTURA DE CUBIERTA

##### 4.1.6.1 Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la cercha.



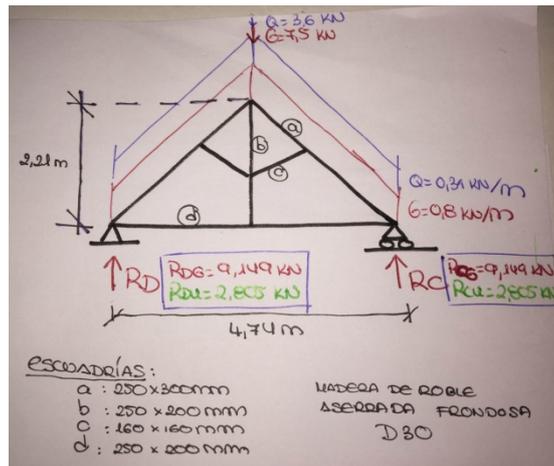
ESTIMACIÓN CARGAS



ESTIMACIÓN CARGAS

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.



### CÁLCULO REACCIONES

#### 4.1.6.2 Datos de la obra

##### 4.1.6.2.1 Normas consideradas

Madera: CTE DB SE-M

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

##### 4.1.6.2.2 Estados límite

E.L.U. de rotura. Madera	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

##### 4.1.6.2.2.1 Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

##### - Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

##### - Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- Donde:

- G<sub>k</sub> Acción permanente
- Q<sub>k</sub> Acción variable
- γ<sub>G</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- γ<sub>Q,1</sub> Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- γ<sub>Q,i</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- ψ<sub>p,1</sub> Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- ψ<sub>a,i</sub> Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

**Desplazamientos**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**4.1.6.2.2 Combinaciones**

**Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio  
 USO USO

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**E.L.U. de rotura. Madera**

Comb.	PP	USO
1	0.800	
2	1.350	
3	0.800	1.500
4	1.350	1.500

**Desplazamientos**

Comb.	PP	USO
1	1.000	
2	1.000	1.000

**4.1.6.2.3 Resistencia al fuego**

**Perfiles de madera**

Norma: CTE DB SI. Anejo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Resistencia requerida: R30

**4.1.6.3 Estructura**

**4.1.6.3.1 Geometría**

**4.1.6.3.1.1 Nudos**

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

$U_x, U_y, U_z$ : Vector director de la recta o vector normal al plano de dependencia

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.  
 Dependencias: Recta

Referencia	<b>Nudos</b>														
	Coordenadas			Vinculación exterior									Vinculación interior		
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	Dependencias	$U_x$	$U_y$		$U_z$	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N2	4.740	0.000	0.000	-	X	X	-	-	-	Recta	1.000	0.000	0.000	-	Empotrado
N3	2.370	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N4	2.370	0.000	2.210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	1.287	0.000	1.200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N6	2.370	0.000	0.735	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N7	3.453	0.000	1.200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.6.3.1.2 Barras

##### Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E(MPa)	$\nu$	G(MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m³)
Tipo	Designación					
Madera	D30	12000.00	7.000	750.00	0.000005	6.28

Notación:

*E:* Módulo de elasticidad  
 *$\nu$ :* Módulo de Poisson  
*G:* Módulo de cortadura  
 *$\alpha_t$ :* Coeficiente de dilatación  
 *$\gamma$ :* Peso específico

##### Descripción

Descripción									
Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designación								
Madera	D30	N1/N3	N1/N2	R 200x250 (R)	2.370	1.00	1.00	-	-
		N3/N2	N1/N2	R 200x250 (R)	2.370	1.00	1.00	-	-
		N3/N6	N3/N4	R 200x250 (R)	0.735	1.00	1.00	-	-
		N6/N4	N3/N4	R 200x250 (R)	1.475	1.00	1.00	-	-
		N1/N5	N1/N4	R 250x300 (R)	1.760	1.00	1.00	-	-
		N5/N4	N1/N4	R 250x300 (R)	1.481	1.00	1.00	-	-
		N2/N7	N2/N4	R 250x300 (R)	1.760	1.00	1.00	-	-
		N7/N4	N2/N4	R 250x300 (R)	1.481	1.00	1.00	-	-
		N6/N5	N6/N5	V-160x160 (Vigas-160)	1.179	1.00	1.00	-	-
		N6/N7	N6/N7	V-160x160 (Vigas-160)	1.179	1.00	1.00	-	-

Notación:

*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final  
 *$\beta_{xy}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'  
 *$\beta_{xz}$ :* Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'  
*Lb<sub>Sup.</sub>:* Separación entre arriostamientos del ala superior  
*Lb<sub>Inf.</sub>:* Separación entre arriostamientos del ala inferior

##### Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2 y N3/N4
2	N1/N4 y N2/N4
3	N6/N5 y N6/N7

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A(cm²)	Avy(cm²)	Avz(cm²)	Iyy(cm4)	Izz(cm4)	It(cm4)
Tipo	Designación								
Madera	D30	1	R 200x250, (R)	500.00	416.67	416.67	26041.67	16666.67	34200.00
		2	R 250x300, (R)	750.00	625.00	625.00	56250.00	39062.50	77250.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

3 V-160x160, (Vigas-160) 256.00 213.33 213.33 5461.33 5461.33 9175.04

Notación:

Ref.: Referencia

A: Área de la sección transversal

Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'

Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'

Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'

Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'

It: Inercia a torsión

Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

### Tabla de medición

Tabla de medición						
Material	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	Volumen(m³)	Peso(kg)	
Tipo	Designación					
Madera	D30	N1/N2 R 200x250 (R)	4.740	0.237	151.68	
		N3/N4 R 200x250 (R)	2.210	0.111	70.72	
		N1/N4 R 250x300 (R)	3.241	0.243	155.55	
		N2/N4 R 250x300 (R)	3.241	0.243	155.55	
		N6/N5 V-160x160 (Vigas-160)	1.179	0.030	19.31	
		N6/N7 V-160x160 (Vigas-160)	1.179	0.030	19.31	

Notación:

Ni: Nudo inicial

Nf: Nudo final

### Resumen de medición

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m³)	Serie(m³)	Material(m³)	Perfil(kg)	Serie(kg)	Material(kg)	
Madera	D30	R	R 200x250	6.950			0.348			222.40			
			R 250x300	6.481			0.486			311.09			
			Vigas-160		13.431			0.834			533.49		
			Vigas-160	2.357			0.060			38.62			
			Vigas-160		2.357			0.060			38.62		
			Vigas-160				15.788			0.894			572.11

### Medición de superficies

Madera: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m²/m)	Longitud(m)	Superficie(m²)
R	R 200x250	0.900	6.950	6.255
	R 250x300	1.100	6.481	7.129
Vigas-160	V-160x160	0.640	2.357	1.509
<b>Total</b>				<b>14.893</b>

#### 4.1.6.3.2 Cargas

##### 4.1.6.3.2.1 Nudos

Cargas en nudos						
Referencia	Hipótesis	Cargas puntuales(kN)	Dirección			
			X	Y	Z	
N4	Peso propio	7.50	0.000	0.000	-1.000	
N4	USO	3.60	0.000	0.000	-1.000	

##### 4.1.6.3.2.2 Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Ejes	Dirección		
			P1	P2	L1(m)	L2(m)		X	Y	Z
N1/N3	Peso propio	Uniforme	0.314	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N2	Peso propio	Uniforme	0.314	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N6	Peso propio	Uniforme	0.314	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N4	Peso propio	Uniforme	0.314	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N5	Peso propio	Uniforme	0.471	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N5	Peso propio	Uniforme	0.800	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

N1/N5	USO	Uniforme	0.310	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N4	Peso propio	Uniforme	0.471	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N4	Peso propio	Uniforme	0.800	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N4	USO	Uniforme	0.310	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N7	Peso propio	Uniforme	0.471	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N7	Peso propio	Uniforme	0.800	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N7	USO	Uniforme	0.310	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N4	Peso propio	Uniforme	0.471	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N4	Peso propio	Uniforme	0.800	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N4	USO	Uniforme	0.310	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N5	Peso propio	Uniforme	0.161	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N7	Peso propio	Uniforme	0.161	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

#### 4.1.6.3.3 Resultados

##### 4.1.6.3.3.1 Nudos

#### Desplazamientos

Referencias:

Dx, Dy, Dz: Desplazamientos de los nudos en ejes globales.

Gx, Gy, Gz: Giros de los nudos en ejes globales.

#### Hipótesis

		Desplazamientos de los nudos, por hipótesis					
Referencia	Descripción	Desplazamientos en ejes globales					
		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.000
	USO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000
N2	Peso propio	0.065	0.000	0.000	0.000	-0.086	0.000
	USO	0.021	0.000	0.000	0.000	-0.022	0.000
N3	Peso propio	0.032	0.000	-0.097	0.000	0.000	0.000
	USO	0.011	0.000	-0.030	0.000	0.000	0.000
N4	Peso propio	0.032	0.000	-0.089	0.000	0.000	0.000
	USO	0.011	0.000	-0.030	0.000	0.000	0.000
N5	Peso propio	0.045	0.000	-0.081	0.000	0.015	0.000
	USO	0.014	0.000	-0.025	0.000	0.006	0.000
N6	Peso propio	0.032	0.000	-0.095	0.000	0.000	0.000
	USO	0.011	0.000	-0.030	0.000	0.000	0.000
N7	Peso propio	0.020	0.000	-0.081	0.000	-0.015	0.000
	USO	0.007	0.000	-0.025	0.000	-0.006	0.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Combinaciones

Desplazamientos de los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.000
		PP+USO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108	0.000
N2	Desplazamientos	PP	0.065	0.000	0.000	0.000	-0.086	0.000
		PP+USO	0.086	0.000	0.000	0.000	-0.108	0.000
N3	Desplazamientos	PP	0.032	0.000	-0.097	0.000	0.000	0.000
		PP+USO	0.043	0.000	-0.127	0.000	0.000	0.000
N4	Desplazamientos	PP	0.032	0.000	-0.089	0.000	0.000	0.000
		PP+USO	0.043	0.000	-0.119	0.000	0.000	0.000
N5	Desplazamientos	PP	0.045	0.000	-0.081	0.000	0.015	0.000
		PP+USO	0.059	0.000	-0.106	0.000	0.021	0.000
N6	Desplazamientos	PP	0.032	0.000	-0.095	0.000	0.000	0.000
		PP+USO	0.043	0.000	-0.126	0.000	0.000	0.000
N7	Desplazamientos	PP	0.020	0.000	-0.081	0.000	-0.015	0.000
		PP+USO	0.027	0.000	-0.106	0.000	-0.021	0.000

### Envolventes

Envolvente de los desplazamientos en nudos								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108	0.000
N2	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.065	0.000	0.000	0.000	-0.108	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.086	0.000	0.000	0.000	-0.086	0.000
N3	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.032	0.000	-0.127	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.043	0.000	-0.097	0.000	0.000	0.000
N4	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.032	0.000	-0.119	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.043	0.000	-0.089	0.000	0.000	0.000
N5	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.045	0.000	-0.106	0.000	0.015	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.059	0.000	-0.081	0.000	0.021	0.000
N6	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.032	0.000	-0.126	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.043	0.000	-0.095	0.000	0.000	0.000
N7	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.020	0.000	-0.106	0.000	-0.021	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.027	0.000	-0.081	0.000	-0.015	0.000

### Reacciones

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).  
 Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Hipótesis

Reacciones en los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Reacciones en ejes globales					
		Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Peso propio	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00
	USO	0.000	0.000	2.805	0.00	0.00	0.00
N2	Peso propio	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00
	USO	0.000	0.000	2.805	0.00	0.00	0.00

### Combinaciones

Reacciones en los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00
		1.6·PP	0.000	0.000	14.638	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6·USO	0.000	0.000	13.636	0.00	0.00	0.00
		1.6·PP+1.6·USO	0.000	0.000	19.125	0.00	0.00	0.00
Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00	
	PP+USO	0.000	0.000	11.953	0.00	0.00	0.00	
N2	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00
		1.6·PP	0.000	0.000	14.638	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6·USO	0.000	0.000	13.636	0.00	0.00	0.00
		1.6·PP+1.6·USO	0.000	0.000	19.125	0.00	0.00	0.00
Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00	
	PP+USO	0.000	0.000	11.953	0.00	0.00	0.00	

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

### Envolventes

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	19.125	0.00	0.00	0.00
Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00	
	Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	11.953	0.00	0.00	0.00	
N2	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	19.125	0.00	0.00	0.00
Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	9.149	0.00	0.00	0.00	
	Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	11.953	0.00	0.00	0.00	

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.6.3.3.2 Barras

##### Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

##### Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.198 m	0.593 m	0.790 m	1.185 m	1.580 m	1.778 m	2.173 m	2.370 m
N1/N3	Peso propio	N	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.361	-0.299	-0.175	-0.113	0.011	0.135	0.197	0.321	0.383
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.02	0.04	0.14	0.17	0.19	0.16	0.12	0.02	-0.05
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USO	N	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.198 m	0.593 m	0.790 m	1.185 m	1.580 m	1.778 m	2.173 m	2.370 m
N3/N2	Peso propio	N	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209	8.209
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.383	-0.321	-0.197	-0.135	-0.011	0.113	0.175	0.299	0.361
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.05	0.02	0.12	0.16	0.19	0.17	0.14	0.04	-0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USO	N	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

Esfuerzos en barras, por hipótesis							
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.184 m	0.368 m	0.551 m	0.735 m
N3/N6	Peso propio	N	0.766	0.824	0.882	0.939	0.997
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		USO	N	-0.016	-0.016	-0.016	-0.016
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.184 m	0.369 m	0.553 m	0.737 m	0.922 m	1.106 m	1.291 m	1.475 m
N6/N4	Peso propio	N	2.372	2.429	2.487	2.545	2.603	2.661	2.719	2.777	2.835
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		USO	N	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.660 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.540 m	1.760 m
N1/N5	Peso propio	N	-11.997	-11.807	-11.616	-11.425	-11.235	-11.044	-10.853	-10.663	-10.472
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.828	-0.624	-0.420	-0.215	-0.011	0.194	0.398	0.603	0.807
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.02	0.18	0.30	0.37	0.39	0.37	0.30	0.19	0.04
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		USO	N	-3.858	-3.811	-3.765	-3.718	-3.672	-3.625	-3.579	-3.532
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-0.226	-0.176	-0.126	-0.077	-0.027	0.023	0.073	0.123	0.173	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-0.02	0.02	0.06	0.08	0.09	0.09	0.08	0.06	0.03	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor: Silvia Sartal García.**

<b>Esfuerzos en barras, por hipótesis</b>											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.185 m	0.370 m	0.555 m	0.740 m	0.926 m	1.111 m	1.296 m	1.481 m
N5/N4	Peso propio	N	-9.802	-9.642	-9.481	-9.321	-9.160	-9.000	-8.839	-8.679	-8.519
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.498	-0.326	-0.154	0.018	0.190	0.362	0.534	0.706	0.878
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.04	0.12	0.16	0.17	0.15	0.10	0.02	-0.09	-0.24
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
USO		N	-3.360	-3.320	-3.281	-3.242	-3.203	-3.164	-3.125	-3.086	-3.046
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.114	-0.072	-0.030	0.012	0.054	0.096	0.138	0.180	0.222
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.01	-0.02	-0.05
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<b>Esfuerzos en barras, por hipótesis</b>											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.660 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.540 m	1.760 m
N2/N7	Peso propio	N	-11.997	-11.807	-11.616	-11.425	-11.235	-11.044	-10.853	-10.663	-10.472
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.828	-0.624	-0.420	-0.215	-0.011	0.194	0.398	0.603	0.807
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.02	0.18	0.30	0.37	0.39	0.37	0.30	0.19	0.04
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
USO		N	-3.858	-3.811	-3.765	-3.718	-3.672	-3.625	-3.579	-3.532	-3.486
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.226	-0.176	-0.126	-0.077	-0.027	0.023	0.073	0.123	0.173
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	-0.02	0.02	0.06	0.08	0.09	0.09	0.08	0.06	0.03
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<b>Esfuerzos en barras, por hipótesis</b>											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.185 m	0.370 m	0.555 m	0.740 m	0.926 m	1.111 m	1.296 m	1.481 m
N7/N4	Peso propio	N	-9.802	-9.642	-9.481	-9.321	-9.160	-9.000	-8.839	-8.679	-8.519
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.498	-0.326	-0.154	0.018	0.190	0.362	0.534	0.706	0.878
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.04	0.12	0.16	0.17	0.15	0.10	0.02	-0.09	-0.24
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
USO		N	-3.360	-3.320	-3.281	-3.242	-3.203	-3.164	-3.125	-3.086	-3.046
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.114	-0.072	-0.030	0.012	0.054	0.096	0.138	0.180	0.222
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.01	-0.02	-0.05
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Esfuerzos en barras, por hipótesis									
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra						
			0.000 m	0.196 m	0.393 m	0.589 m	0.786 m	0.982 m	1.179 m
N6/N5	Peso propio	N	-1.539	-1.527	-1.514	-1.502	-1.490	-1.477	-1.465
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.087	-0.058	-0.029	0.000	0.029	0.058	0.087
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USO	N	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por hipótesis									
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra						
			0.000 m	0.196 m	0.393 m	0.589 m	0.786 m	0.982 m	1.179 m
N6/N7	Peso propio	N	-1.539	-1.527	-1.514	-1.502	-1.490	-1.477	-1.465
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-0.087	-0.058	-0.029	0.000	0.029	0.058	0.087
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USO	N	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313	-0.313
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Combinaciones**

Esfuerzos en barras, por combinación												
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra								
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.198 m	0.593 m	0.790 m	1.185 m	1.580 m	1.778 m	2.173 m	2.370 m
N1/N3	Madera	0.8-PP	N	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.289	-0.239	-0.140	-0.090	0.009	0.108	0.158	0.257	0.307
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	-0.02	0.04	0.11	0.13	0.15	0.13	0.10	0.02	-0.04
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.487	-0.403	-0.236	-0.152	0.015	0.182	0.266	0.434	0.517	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	-0.03	0.06	0.19	0.22	0.25	0.21	0.17	0.03	-0.06	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-USO	N	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.301	-0.251	-0.152	-0.103	-0.003	0.096	0.145	0.245	0.294	

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.01	0.07	0.15	0.17	0.19	0.18	0.15	0.07	0.02
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.35-PP+1.5-USO	N	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	-0.499	-0.416	-0.248	-0.165	0.003	0.170	0.254	0.421	0.505
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.09	0.22	0.26	0.30	0.26	0.22	0.09	-0.01
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.198 m	0.593 m	0.790 m	1.185 m	1.580 m	1.778 m	2.173 m	2.370 m	
N3/N2	Madera	0.8-PP	N	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.307	-0.257	-0.158	-0.108	-0.009	0.090	0.140	0.239	0.289	0.289
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	-0.04	0.02	0.10	0.13	0.15	0.13	0.11	0.04	-0.02	-0.02
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	11.083	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.517	-0.434	-0.266	-0.182	-0.015	0.152	0.236	0.403	0.487	0.487	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	-0.06	0.03	0.17	0.21	0.25	0.22	0.19	0.06	-0.03	-0.03	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-USO	N	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	10.568	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.294	-0.245	-0.145	-0.096	0.003	0.103	0.152	0.251	0.301	0.301	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.02	0.07	0.15	0.18	0.19	0.17	0.15	0.07	0.01	0.01	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.35-PP+1.5-USO	N	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083		
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Vz	-0.505	-0.421	-0.254	-0.170	-0.003	0.165	0.248	0.416	0.499	0.499		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	-0.01	0.09	0.22	0.26	0.30	0.26	0.22	0.09	0.00	0.00		
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Esfuerzos en barras, por combinación								
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra				
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.184 m	0.368 m	0.551 m	0.735 m
N3/N6	Madera	0.8-PP	N	0.613	0.659	0.705	0.751	0.798
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	1.035	1.112	1.190	1.268	1.346	
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-USO	N	0.589	0.635	0.681	0.727	0.773	

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.35-PP+1.5-USO	N	1.010	1.088	1.166	1.244	1.322
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.184 m	0.369 m	0.553 m	0.737 m	0.922 m	1.106 m	1.291 m	1.475 m	
N6/N4	Madera	0.8-PP	N	1.897	1.944	1.990	2.036	2.082	2.129	2.175	2.221	2.268	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	3.202	3.280	3.358	3.436	3.514	3.592	3.670	3.749	3.827		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-USO	N	2.244	2.290	2.336	2.382	2.429	2.475	2.521	2.568	2.614		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	1.35-PP+1.5-USO	N	3.548	3.626	3.704	3.782	3.860	3.939	4.017	4.095	4.173		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.660 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.540 m	1.760 m	
N1/N5	Madera	0.8-PP	N	-9.598	-9.445	-9.293	-9.140	-8.988	-8.835	-8.683	-8.530	-8.378	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.663	-0.499	-0.336	-0.172	-0.009	0.155	0.319	0.482	0.646	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.02	0.14	0.24	0.29	0.31	0.30	0.24	0.16	0.03	
	1.35-PP	N	-16.196	-15.939	-15.681	-15.424	-15.167	-14.909	-14.652	-14.395	-14.137		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-1.118	-0.842	-0.566	-0.290	-0.014	0.262	0.538	0.814	1.090		
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.03	0.24	0.40	0.49	0.53	0.50	0.41	0.26	0.05		

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.8-PP+1.5-USO	N	-15.385	-15.162	-14.940	-14.718	-14.495	-14.273	-14.051	-13.829	-13.606	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-1.002	-0.764	-0.525	-0.287	-0.049	0.190	0.428	0.666	0.905	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	-0.01	0.18	0.32	0.41	0.45	0.43	0.37	0.25	0.07	
1.35-PP+1.5-USO	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	N	-21.983	-21.656	-21.329	-21.002	-20.675	-20.347	-20.020	-19.693	-19.366	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-1.458	-1.107	-0.756	-0.405	-0.054	0.296	0.647	0.998	1.349	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.28	0.49	0.61	0.66	0.64	0.53	0.35	0.09	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.185 m	0.370 m	0.555 m	0.740 m	0.926 m	1.111 m	1.296 m	1.481 m	
N5/N4	Madera	0.8-PP	N	-7.842	-7.713	-7.585	-7.457	-7.328	-7.200	-7.072	-6.943	-6.815	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.399	-0.261	-0.123	0.014	0.152	0.290	0.427	0.565	0.703	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.03	0.09	0.13	0.14	0.12	0.08	0.02	-0.08	-0.19	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	-13.233	-13.016	-12.800	-12.583	-12.367	-12.150	-11.933	-11.717	-11.500		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.673	-0.440	-0.208	0.024	0.256	0.489	0.721	0.953	1.186		
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.05	0.16	0.22	0.23	0.21	0.14	0.03	-0.13	-0.33		
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-USO	N	-12.881	-12.694	-12.507	-12.320	-12.133	-11.946	-11.759	-11.572	-11.385		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.570	-0.369	-0.168	0.032	0.233	0.434	0.634	0.835	1.035		
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.07	0.16	0.21	0.22	0.20	0.14	0.04	-0.10	-0.27		
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.35-PP+1.5-USO	N	-18.272	-17.997	-17.722	-17.446	-17.171	-16.896	-16.620	-16.345	-16.070			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Vz	-0.844	-0.548	-0.253	0.042	0.337	0.633	0.928	1.223	1.518			
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	0.09	0.22	0.30	0.32	0.28	0.19	0.05	-0.15	-0.41			
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.660 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.540 m	1.760 m	
N2/N7	Madera	0.8-PP	N	-9.598	-9.445	-9.293	-9.140	-8.988	-8.835	-8.683	-8.530	-8.378	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.663	-0.499	-0.336	-0.172	-0.009	0.155	0.319	0.482	0.646	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.02	0.14	0.24	0.29	0.31	0.30	0.24	0.16	0.03	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	-16.196	-15.939	-15.681	-15.424	-15.167	-14.909	-14.652	-14.395	-14.137		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-1.118	-0.842	-0.566	-0.290	-0.014	0.262	0.538	0.814	1.090		
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.03	0.24	0.40	0.49	0.53	0.50	0.41	0.26	0.05		
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.8-PP+1.5-USO	N	-15.385	-15.162	-14.940	-14.718	-14.495	-14.273	-14.051	-13.829	-13.606
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	-1.002	-0.764	-0.525	-0.287	-0.049	0.190	0.428	0.666	0.905
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	-0.01	0.18	0.32	0.41	0.45	0.43	0.37	0.25	0.07
1.35-PP+1.5-USO	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N	-21.983	-21.656	-21.329	-21.002	-20.675	-20.347	-20.020	-19.693	-19.366
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	-1.458	-1.107	-0.756	-0.405	-0.054	0.296	0.647	0.998	1.349
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.28	0.49	0.61	0.66	0.64	0.53	0.35	0.09
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.185 m	0.370 m	0.555 m	0.740 m	0.926 m	1.111 m	1.296 m	1.481 m	
N7/N4	Madera	0.8-PP	N	-7.842	-7.713	-7.585	-7.457	-7.328	-7.200	-7.072	-6.943	-6.815	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.399	-0.261	-0.123	0.014	0.152	0.290	0.427	0.565	0.703	0.703
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.03	0.09	0.13	0.14	0.12	0.08	0.02	-0.08	-0.19	-0.19
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	-13.233	-13.016	-12.800	-12.583	-12.367	-12.150	-11.933	-11.717	-11.500		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.673	-0.440	-0.208	0.024	0.256	0.489	0.721	0.953	1.186	1.186	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.05	0.16	0.22	0.23	0.21	0.14	0.03	-0.13	-0.33	-0.33	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.8-PP+1.5-USO	N	-12.881	-12.694	-12.507	-12.320	-12.133	-11.946	-11.759	-11.572	-11.385		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.570	-0.369	-0.168	0.032	0.233	0.434	0.634	0.835	1.035	1.035	
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		My	0.07	0.16	0.21	0.22	0.20	0.14	0.04	-0.10	-0.27	-0.27	
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.35-PP+1.5-USO	N	-18.272	-17.997	-17.722	-17.446	-17.171	-16.896	-16.620	-16.345	-16.070			
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
	Vz	-0.844	-0.548	-0.253	0.042	0.337	0.633	0.928	1.223	1.518	1.518		
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	My	0.09	0.22	0.30	0.32	0.28	0.19	0.05	-0.15	-0.41	-0.41		
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Esfuerzos en barras, por combinación											
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra							
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.196 m	0.393 m	0.589 m	0.786 m	0.982 m	1.179 m	
N6/N5	Madera	0.8-PP	N	-1.232	-1.222	-1.212	-1.202	-1.192	-1.182	-1.172	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			Vz	-0.070	-0.046	-0.023	0.000	0.023	0.046	0.070	0.070
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			My	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.35-PP	N	-2.078	-2.061	-2.045	-2.028	-2.011	-1.994	-1.977		
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Vz	-0.118	-0.078	-0.039	0.000	0.039	0.078	0.118	0.118	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.8·PP+1.5·USO	N	-1.701	-1.691	-1.681	-1.672	-1.662	-1.662	-1.652	-1.642
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	-0.070	-0.046	-0.023	0.000	0.023	0.046	0.070	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.35·PP+1.5·USO	N	-2.548	-2.531	-2.514	-2.498	-2.481	-2.464	-2.447	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	-0.118	-0.078	-0.039	0.000	0.039	0.078	0.118	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

#### Envoltantes de los esfuerzos en barras

Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.198 m	0.593 m	0.790 m	1.185 m	1.580 m	1.778 m	2.173 m	2.370 m
N1/N3	Madera	N <sub>min</sub>	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567
		N <sub>máx</sub>	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	-0.499	-0.416	-0.248	-0.165	-0.003	0.096	0.145	0.245	0.294
		Vz <sub>máx</sub>	-0.289	-0.239	-0.140	-0.090	0.015	0.182	0.266	0.434	0.517
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	-0.03	0.04	0.11	0.13	0.15	0.13	0.10	0.02	-0.06
		My <sub>máx</sub>	0.01	0.09	0.22	0.26	0.30	0.26	0.22	0.09	0.02
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

#### Envoltantes

#### Envoltantes de los esfuerzos en barras

Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.198 m	0.593 m	0.790 m	1.185 m	1.580 m	1.778 m	2.173 m	2.370 m
N3/N2	Madera	N <sub>min</sub>	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567	6.567
		N <sub>máx</sub>	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	-0.517	-0.434	-0.266	-0.182	-0.015	0.090	0.140	0.239	0.289
		Vz <sub>máx</sub>	-0.294	-0.245	-0.145	-0.096	0.003	0.165	0.248	0.416	0.499
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	-0.06	0.02	0.10	0.13	0.15	0.13	0.11	0.04	-0.03

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

My <sub>máx</sub>	0.02	0.09	0.22	0.26	0.30	0.26	0.22	0.09	0.01
Mz <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras										
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra							
			0.000 m	0.184 m	0.368 m	0.551 m	0.735 m			
N3/N6	Madera	N <sub>mín</sub>	0.589	0.635	0.681	0.727	0.773			
		N <sub>máx</sub>	1.035	1.112	1.190	1.268	1.346			
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		Vz <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		Vz <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		Mt <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
		My <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
		My <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
		Mz <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.184 m	0.369 m	0.553 m	0.737 m	0.922 m	1.106 m	1.291 m	1.475 m
N6/N4	Madera	N <sub>mín</sub>	1.897	1.944	1.990	2.036	2.082	2.129	2.175	2.221	2.268
		N <sub>máx</sub>	3.548	3.626	3.704	3.782	3.860	3.939	4.017	4.095	4.173
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.660 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.540 m	1.760 m
N1/N5	Madera	N <sub>mín</sub>	-21.983	-21.656	-21.329	-21.002	-20.675	-20.347	-20.020	-19.693	-19.366
		N <sub>máx</sub>	-9.598	-9.445	-9.293	-9.140	-8.988	-8.835	-8.683	-8.530	-8.378
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	-1.458	-1.107	-0.756	-0.405	-0.054	0.155	0.319	0.482	0.646

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

Vz <sub>máx</sub>	-0.663	-0.499	-0.336	-0.172	-0.009	0.296	0.647	0.998	1.349
Mt <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
My <sub>mín</sub>	-0.01	0.14	0.24	0.29	0.31	0.30	0.24	0.16	0.03
My <sub>máx</sub>	0.03	0.28	0.49	0.61	0.66	0.64	0.53	0.35	0.09
Mz <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Envolventes de los esfuerzos en barras**

Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.185 m	0.370 m	0.555 m	0.740 m	0.926 m	1.111 m	1.296 m	1.481 m
N5/N4	Madera	N <sub>mín</sub>	-18.272	-17.997	-17.722	-17.446	-17.171	-16.896	-16.620	-16.345	-16.070
		N <sub>máx</sub>	-7.842	-7.713	-7.585	-7.457	-7.328	-7.200	-7.072	-6.943	-6.815
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	-0.844	-0.548	-0.253	0.014	0.152	0.290	0.427	0.565	0.703
		Vz <sub>máx</sub>	-0.399	-0.261	-0.123	0.042	0.337	0.633	0.928	1.223	1.518
		Mt <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>mín</sub>	0.03	0.09	0.13	0.14	0.12	0.08	0.02	-0.15	-0.41
		My <sub>máx</sub>	0.09	0.22	0.30	0.32	0.28	0.19	0.05	-0.08	-0.19
		Mz <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Envolventes de los esfuerzos en barras**

Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.220 m	0.440 m	0.660 m	0.880 m	1.100 m	1.320 m	1.540 m	1.760 m
N2/N7	Madera	N <sub>mín</sub>	-21.983	-21.656	-21.329	-21.002	-20.675	-20.347	-20.020	-19.693	-19.366
		N <sub>máx</sub>	-9.598	-9.445	-9.293	-9.140	-8.988	-8.835	-8.683	-8.530	-8.378
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>mín</sub>	-1.458	-1.107	-0.756	-0.405	-0.054	0.155	0.319	0.482	0.646
		Vz <sub>máx</sub>	-0.663	-0.499	-0.336	-0.172	-0.009	0.296	0.647	0.998	1.349
		Mt <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>mín</sub>	-0.01	0.14	0.24	0.29	0.31	0.30	0.24	0.16	0.03
		My <sub>máx</sub>	0.03	0.28	0.49	0.61	0.66	0.64	0.53	0.35	0.09
		Mz <sub>mín</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Envolventes de los esfuerzos en barras**

Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.185 m	0.370 m	0.555 m	0.740 m	0.926 m	1.111 m	1.296 m	1.481 m
N7/N4	Madera	N <sub>mín</sub>	-18.272	-17.997	-17.722	-17.446	-17.171	-16.896	-16.620	-16.345	-16.070
		N <sub>máx</sub>	-7.842	-7.713	-7.585	-7.457	-7.328	-7.200	-7.072	-6.943	-6.815
		Vy <sub>mín</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

Vz <sub>min</sub>	-0.844	-0.548	-0.253	0.014	0.152	0.290	0.427	0.565	0.703
Vz <sub>máx</sub>	-0.399	-0.261	-0.123	0.042	0.337	0.633	0.928	1.223	1.518
Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
My <sub>min</sub>	0.03	0.09	0.13	0.14	0.12	0.08	0.02	-0.15	-0.41
My <sub>máx</sub>	0.09	0.22	0.30	0.32	0.28	0.19	0.05	-0.08	-0.19
Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras									
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra						
			0.000 m	0.196 m	0.393 m	0.589 m	0.786 m	0.982 m	1.179 m
N6/N5	Madera	N <sub>min</sub>	-2.548	-2.531	-2.514	-2.498	-2.481	-2.464	-2.447
		N <sub>máx</sub>	-1.232	-1.222	-1.212	-1.202	-1.192	-1.182	-1.172
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	-0.118	-0.078	-0.039	0.000	0.023	0.046	0.070
		Vz <sub>máx</sub>	-0.070	-0.046	-0.023	0.000	0.039	0.078	0.118
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00
		My <sub>máx</sub>	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras									
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra						
			0.000 m	0.196 m	0.393 m	0.589 m	0.786 m	0.982 m	1.179 m
N6/N7	Madera	N <sub>min</sub>	-2.548	-2.531	-2.514	-2.498	-2.481	-2.464	-2.447
		N <sub>máx</sub>	-1.232	-1.222	-1.212	-1.202	-1.192	-1.182	-1.172
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	-0.118	-0.078	-0.039	0.000	0.023	0.046	0.070
		Vz <sub>máx</sub>	-0.070	-0.046	-0.023	0.000	0.039	0.078	0.118
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00
		My <sub>máx</sub>	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Resistencia

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- ≡ G: Sólo gravitatorias
- ≡ GV: Gravitatorias + viento
- ≡ GS: Gravitatorias + sismo
- ≡ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100\%$ .

#### Comprobación de resistencia a temperatura ambiente

Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N3	3.54	1.185	11.083	0.000	0.015	0.00	0.25	0.00	G	Cumple
N3/N2	3.54	1.185	11.083	0.000	-0.015	0.00	0.25	0.00	G	Cumple
N3/N6	0.32	0.735	1.346	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple
N6/N4	0.92	1.475	3.827	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple
N1/N5	2.92	0.880	-15.167	0.000	-0.014	0.00	0.53	0.00	G	Cumple
N5/N4	2.10	0.555	-17.446	0.000	0.042	0.00	0.32	0.00	G	Cumple
N2/N7	2.92	0.880	-15.167	0.000	-0.014	0.00	0.53	0.00	G	Cumple
N7/N4	2.10	0.555	-17.446	0.000	0.042	0.00	0.32	0.00	G	Cumple
N6/N5	1.13	0.589	-2.028	0.000	0.000	0.00	0.03	0.00	G	Cumple
N6/N7	1.13	0.589	-2.028	0.000	0.000	0.00	0.03	0.00	G	Cumple

#### Comprobación de resistencia en situación de incendio

R. req.<sup>(1)</sup>: R30

Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N3	1.65	1.185	8.209	0.000	0.011	0.00	0.19	0.00	G	Cumple
N3/N2	1.65	1.185	8.209	0.000	-0.011	0.00	0.19	0.00	G	Cumple
N3/N6	0.14	0.735	0.997	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple
N6/N4	0.41	1.475	2.835	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	G	Cumple
N1/N5	1.25	0.880	-11.235	0.000	-0.011	0.00	0.39	0.00	G	Cumple
N5/N4	0.88	1.481	-8.519	0.000	0.878	0.00	-0.24	0.00	G	Cumple
N2/N7	1.25	0.880	-11.235	0.000	-0.011	0.00	0.39	0.00	G	Cumple
N7/N4	0.88	1.481	-8.519	0.000	0.878	0.00	-0.24	0.00	G	Cumple

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

N6/N5	0.71	0.589	-1.502	0.000	0.000	0.00	0.03	0.00	G	Cumple
N6/N7	0.71	0.589	-1.502	0.000	0.000	0.00	0.03	0.00	G	Cumple

Notas:

(1) Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).

### Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta		Flecha máxima absoluta		Flecha activa absoluta		Flecha activa absoluta	
	xy	Flecha máxima relativa	xz	Flecha máxima relativa	xy	Flecha activa relativa	xz	Flecha activa relativa
	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)
N1/N2	0.000	0.00	1.975	0.13	0.000	0.00	2.370	0.03
	-	L(>1000)	1.975	L(>1000)	-	L(>1000)	2.370	L(>1000)
N3/N4	0.919	0.00	0.000	0.00	0.919	0.00	0.000	0.00
	-	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)
N1/N4	0.000	0.00	1.320	0.07	0.000	0.00	1.320	0.01
	-	L(>1000)	1.320	L(>1000)	-	L(>1000)	1.320	L(>1000)
N2/N4	0.000	0.00	1.320	0.07	0.000	0.00	1.320	0.01
	-	L(>1000)	1.320	L(>1000)	-	L(>1000)	1.320	L(>1000)
N6/N5	0.000	0.00	0.589	0.01	0.000	0.00	0.393	0.00
	-	L(>1000)	0.589	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)
N6/N7	0.000	0.00	0.589	0.01	0.000	0.00	0.786	0.00
	-	L(>1000)	0.589	L(>1000)	-	L(>1000)	-	L(>1000)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Comprobaciones E.L.U. (Completo)**

Barra N1/N3

**Perfil:** R 200x250 **Material:** Madera (D30)

Nudos	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
	N1	N3	2.370	500.00	26041.67	16666.67	34200.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	2.370	2.370	0.000	0.000		
	C <sub>1</sub>	-			1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.027 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub>: 0.30 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,0,d</sub>: 15.08 kN

A: Área de la sección transversal

A: 500.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub>: 11.08 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}$$

Donde:

k<sub>mod</sub>: Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k<sub>mod</sub>: 0.80

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub>: 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub>: 18.00 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.30

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d^+}$ : 0.12 MPa

$\sigma_{m,y,d^-}$ : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$ : 0.25 kN·m

$M_{y,d^-}$ : 0.00 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$ : 2083.33 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$ : 13.85 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$ : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase**: Permanente

Clase de servicio

**Clase**: 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$ : 30.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$ : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.30

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 0.02 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 0.52 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 500.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.85 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.60

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 4.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.035 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.033 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.22 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 11.08 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 500.00 cm<sup>2</sup>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.12} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{2083.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1666.67} \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{8.31} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{18.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{13.85} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{13.85} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### **Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

### **Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.012 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi}$  : 0.26 MPa

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 8.21 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 310.59 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi}$  : 22.50 MPa

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$  : 18.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$  : 0.18 MPa

$\sigma_{m,y,d,fi}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$  : 0.19 kN·m

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  
 $f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga  
 Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$M_{y,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fi} : \underline{1050.83} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{37.50} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$\text{Clase} : \underline{\text{Permanente}}$$

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,fi} : \underline{1.00}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

### **Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

### **Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.38} \text{ kN}$$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{310.59} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{5.00} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{4.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$ : 1.25

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.016 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.015 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : 0.26 MPa

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$ : 8.21 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$ : 310.59 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$ : 0.18 MPa

$\sigma_{m,z,d,fi}$ : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$ : 0.19 kN·m

$M_{z,d}$ : 0.00 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$ : 1050.83 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z,fi}$ : 792.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi}$ : 22.50 MPa

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$ : 1.00

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$ : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$ : 18.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$ : 1.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \frac{1.25}{}$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \frac{37.50}{\text{MPa}}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \frac{37.50}{\text{MPa}}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \frac{1.00}{}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \frac{30.00}{\text{MPa}}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \frac{1.00}{}$$

$$k_{h,z,fi} : \frac{1.00}{}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \frac{1.00}{}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \frac{1.25}{}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \frac{0.70}{}$$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Perfil: R 200x250 Material: Madera (D30)							
	Nodos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N3	N2	2.370	500.00	26041.67	16666.67	34200.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L <sub>K</sub>	2.370	2.370	0.000	0.000			
C <sub>1</sub>	-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.027 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.30 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,0,d</sub> : 15.08 kN

A: Área de la sección transversal

A : 500.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 11.08 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}$$

Donde:

k<sub>mod</sub>: Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k<sub>mod</sub> : 0.80

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 18.00 MPa

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.30

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d^+}$  : 0.12 MPa

$\sigma_{m,y,d^-}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$  : 0.25 kN·m

$M_{y,d^-}$  : 0.00 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2083.33 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 13.85 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\eta$  : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_{d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 0.02 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 0.52 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 500.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.85 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.60

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 4.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.035 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.033 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.22 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 11.08 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 500.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y}$  : 0.12 MPa

$\sigma_{m,z}$  : 0.00 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{y,d} : \underline{0.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{2083.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1666.67} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{8.31} \text{ MPa}$$

**f<sub>t,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

**k<sub>h</sub>:** Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

**f<sub>t,0,k</sub>:** Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{18.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**f<sub>m,d</sub>:** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{13.85} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{13.85} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>h</sub>:** Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### **Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

### **Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

### **Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.012 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi}$  : 0.26 MPa

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 8.21 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 310.59 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi}$  : 22.50 MPa

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$  : 18.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N3, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$  : 0.18 MPa

$\sigma_{m,y,d,fi}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$  : 0.19 kN·m

$M_{y,d^-}$  : 0.00 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$  : 1050.83 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$  : 37.50 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{Permanente}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>h,fi</sub>:** Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

### **Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

### **Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones PP.

Donde:

**τ<sub>d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>:** Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.38} \text{ kN}$$

**A<sub>fi</sub>:** Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{310.59} \text{ cm}^2$$

**k<sub>cr</sub>:** Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

**f<sub>v,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{5.00} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

**f<sub>v,k</sub>:** Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{4.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.185 m del nudo N3, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi} : \underline{0.26} \text{ MPa}$

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d} : \underline{8.21} \text{ kN}$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{310.59} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : \underline{0.18} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{0.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{1050.83} \text{ cm}^3$

$W_{el,z,fi} : \underline{792.00} \text{ cm}^3$

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi} : \underline{22.50} \text{ MPa}$

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi} : \underline{1.00}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k} : \underline{18.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.25}$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi} : \underline{37.50} \text{ MPa}$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{\underline{37.50}} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{\underline{30.00}} \text{ MPa}$$

**k<sub>h,fi</sub>:** Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{\underline{1.25}}$$

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{\underline{0.70}}$$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Perfil: R 200x250 Material: Madera (D30)						
Nudos	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
N3	N6	0.735	500.00	26041.67	16666.67	34200.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	0.735	0.735	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						
<b>Situación de incendio</b>						
Resistencia requerida: R30						

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.03 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 1.35 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 500.00 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d}$  : 8.31 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.60

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$  : 18.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi}$  : 0.03 MPa

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 1.00 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 310.59 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi}$  : 22.50 MPa

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$  : 18.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

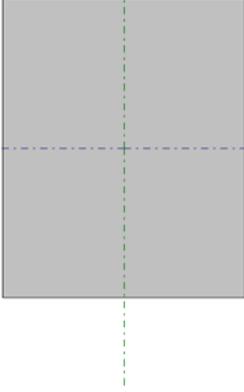
**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N6/N4

Perfil: R 200x250 Material: Madera (D30)							
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
	N6	N4	1.475	500.00	26041.67	16666.67	34200.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00		1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	1.475		1.475	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>	-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.08 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,0,d</sub> : 3.83 kN

A: Área de la sección transversal

A : 500.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 8.31 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}$$

Donde:

k<sub>mod</sub>: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k<sub>mod</sub> : 0.60

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 18.00 MPa

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.30

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq$$

$\eta$ : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : 0.09 MPa

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

Autor: Silvia Sartal García.

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{t,0,d}$ : <u>2.83</u> kN
$A_{fi}$ : Área de la sección transversal	$A_{fi}$ : <u>310.59</u> cm <sup>2</sup>
$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:	$f_{t,0,d,fi}$ : <u>22.50</u> MPa
$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} /$	
Donde:	
$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,fi}$ : <u>1.00</u>
$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por: Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	$k_{h,fi}$ : <u>1.00</u>
$k_{h,fi} = 1.0$	
$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$ : <u>18.00</u> MPa
$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$ : <u>1.00</u>
$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_{fi}$ : <u>1.25</u>

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

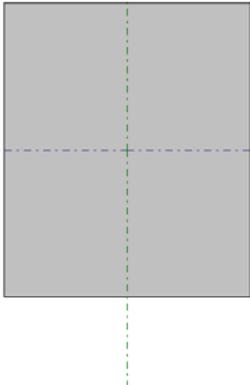
**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N1/N5

Perfil: R 250x300 Material: Madera (D30)							
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N1	N5	1.760	750.00	56250.00	39062.50	77250.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L <sub>K</sub>	1.760	1.760	0.000	0.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : 0.021 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : 0.021 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : 0.021 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

σ<sub>c,0,d</sub>: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>c,0,d</sub> : 0.29 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

**N<sub>c,0,d</sub>:** Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

**A:** Área de la sección transversal

$$N_{c,0,d} : \underline{21.98} \text{ kN}$$

$$A : \underline{750.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>c,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{14.15} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$k_{mod} : \underline{0.80}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

**χ<sub>c</sub>:** Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y} : \underline{1.00}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.98}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

Donde:

**β<sub>c</sub>:** Factor asociado a la rectitud de las piezas

**λ<sub>rel</sub>:** Esbeltez relativa, dada por:

$$k_y : \underline{0.55}$$

$$k_z : \underline{0.58}$$

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.31}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.37}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>:** Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**λ:** Esbeltez mecánica, dada por:

$$E_{0,k} : \underline{10100.00} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$$

$$\lambda_y : \underline{20.32}$$

$$\lambda_z : \underline{24.38}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

**L<sub>k</sub>:** Longitud de pandeo de la barra

**i:** Radio de giro

$$L_{k,y} : \underline{1759.56} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{1759.56} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{86.60} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{72.17} \text{ mm}$$

### Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.010}$$



**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d^+} : \underline{0.14} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d^-} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d^+} : \underline{0.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{3750.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{13.85} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{Permanente}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_s}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{1.12} \text{ kN}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>A:</b> Área de la sección transversal	<b>A:</b> <u>750.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub>:</b> Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	<b>k<sub>cr</sub>:</b> <u>0.67</u>
<b>f<sub>v,d</sub>:</b> Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	<b>f<sub>v,d</sub>:</b> <u>1.85</u> MPa
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	
Donde:	
<b>k<sub>mod</sub>:</b> Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	<b>k<sub>mod</sub>:</b> <u>0.60</u>
<b>f<sub>v,k</sub>:</b> Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub>:</b> <u>4.00</u> MPa
<b>γ<sub>M</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M</sub>:</b> <u>1.30</u>

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

**σ<sub>c,0,d</sub>:** Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**σ<sub>c,0,d</sub>:** 0.20 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d}$ : <u>15.17</u> kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A$ : <u>750.00</u> cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,y}$ : <u>0.14</u> MPa
	$\sigma_{m,z}$ : <u>0.00</u> MPa
$\sigma_{m,d} =  M_d  / W_{el}$	
Donde:	
$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}$ : <u>0.53</u> kN·m
	$M_{z,d}$ : <u>0.00</u> kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$ : <u>3750.00</u> cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z}$ : <u>3125.00</u> cm <sup>3</sup>
$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d}$ : <u>10.62</u> MPa
$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	
Donde:	
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	$k_{mod}$ : <u>0.60</u>
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$ : <u>23.00</u> MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ : <u>1.30</u>
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}$ : <u>13.85</u> MPa
	$f_{m,z,d}$ : <u>13.85</u> MPa
$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	
Donde:	
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	$k_{mod}$ : <u>0.60</u>
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$ : <u>30.00</u> MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y}$ : <u>1.00</u>
	$k_{h,z}$ : <u>1.00</u>
Eje y:	
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	
$k_h = 1.0$	
Eje z:	
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	
$k_h = 1.0$	
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ : <u>1.30</u>
$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal	$k_m$ : <u>0.70</u>
$\chi_c$ : Factor de inestabilidad	$\chi_{c,y}$ : <u>1.00</u>
	$\chi_{c,z}$ : <u>0.98</u>

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 0.23 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$  : 12.00 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 513.59 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 28.75 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$  : 0.99

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.96

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3) + \lambda_{rel,fi}^2)$$

$k_{y,fi}$  : 0.57

$k_{z,fi}$  : 0.62

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y,fi}$  : 0.37

$\lambda_{rel,z,fi}$  : 0.46

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  
 $f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  
 $k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio  
 $\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$E_{0,k}$ : 10100.00 MPa  
 $f_{c,0,k}$ : 23.00 MPa  
 $k_{fi}$ : 1.25  
 $\lambda_{y,fi}$ : 24.09  
 $\lambda_{z,fi}$ : 30.03

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$ : 1759.56 mm

$L_{k,z}$ : 1759.56 mm

$i_{fi}$ : Radio de giro

$i_{y,fi}$ : 73.03 mm

$i_{z,fi}$ : 58.60 mm

### Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

#### Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$ : 0.18 MPa

$\sigma_{m,y,d,fi}$ : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$ : 0.39 kN·m

$M_{y,d^-}$ : 0.00 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$ : 2165.64 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$ : 37.50 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$ : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase**: Permanente

Clase de servicio

**Clase**: 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$ : 30.00 MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$ : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$ : 1.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$ : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{d,fi}$ : 0.04 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_e \cdot k_c}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$ : 0.83 kN

$A_e$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$ : 513.59 cm<sup>2</sup>

$k_c$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$ : 5.00 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$ : 1.00

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$ : 4.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$ : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$ : 1.25

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.22} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{11.23} \text{ kN}$$

$$A_{fi} : \underline{513.59} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.18} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{2165.64} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{1737.65} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} : \underline{28.75} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{37.50} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{37.50} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.00}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

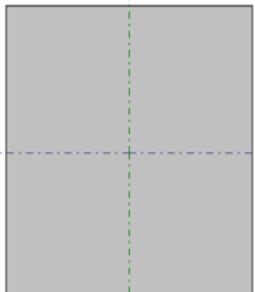
$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.99}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.96}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.  
 Barra N5/N4

Perfil: R 250x300 Material: Madera (D30)						
Nudos	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
N5	N4	1.481	750.00	56250.00	39062.50	77250.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00	
	$L_K$	1.481	1.481	0.000	0.000	
$C_1$	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico						
<b>Situación de incendio</b>						
Resistencia requerida: R30						

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.017 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.24 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d}$  : 18.27 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 750.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 14.15 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.80

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,z}$  : 1.00

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_z$  : 0.55

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel,z}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,z}$  : 0.31

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 10100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\lambda_z$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_z$  : 20.52

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,z}$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,z}$  : 1480.96 mm

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$i_z$ : Radio de giro

$i_z$ : 72.17 mm

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión en el plano xz, ya que el valor de la esbeltez relativa respecto al eje y es inferior a 0.3.

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$ : 0.26

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$ : 10100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$ : 23.00 MPa

$\lambda_y$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$ : 17.10

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,y}$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$ : 1480.96 mm

$i_y$ : Radio de giro

$i_y$ : 86.60 mm

### **Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d^+}$ : 0.00 MPa

$\sigma_{m,y,d^-}$ : 0.09 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$ : 0.00 kN·m

$M_{y,d^-}$ : 0.33 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$ : 3750.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$ : 13.85 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$ : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase**: Permanente

Clase de servicio

**Clase**: 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$ : 30.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$ : 1.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.30

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$ : 0.04 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$ : 1.19 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$ : 750.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$ : 1.85 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$ : 0.60

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$ : 4.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.30

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.555 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.23} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{c,0,d} : \underline{17.45} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal  $A : \underline{750.00} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y} : \underline{0.08} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{y,d} : \underline{0.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,y} : \underline{3750.00} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{3125.00} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d} : \underline{14.15} \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)  $k_{mod} : \underline{0.80}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.30}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : \underline{18.46} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{18.46} \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

**k<sub>mod</sub> :** 0.80

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub> :** 30.00 MPa

**k<sub>h</sub>:** Factor de altura, dado por:

**k<sub>h,y</sub> :** 1.00

**k<sub>h,z</sub> :** 1.00

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

**k<sub>h</sub> = 1.0**

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

**k<sub>h</sub> = 1.0**

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub> :** 1.30

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub> :** 0.70

**χ<sub>c</sub>:** Factor de inestabilidad

**χ<sub>c,y</sub> :** 1.00

**χ<sub>c,z</sub> :** 1.00

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

**η :** 0.007 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

**η :** 0.007 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

**η :** 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones PP.

Donde:

**σ<sub>c,0,d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**σ<sub>c,0,d,f</sub> :** 0.19 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3)) + \lambda$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$i_{fi}$ : Radio de giro

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{9.80} \text{ kN}$$

$$A_{fi} : \underline{513.59} \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d,fi} : \underline{28.75} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$$\chi_{c,y,fi} : \underline{1.00}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.98}$$

$$k_{y,fi} : \underline{0.55}$$

$$k_{z,fi} : \underline{0.58}$$

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

$$\lambda_{rel,y,fi} : \underline{0.31}$$

$$\lambda_{rel,z,fi} : \underline{0.38}$$

$$E_{0,k} : \underline{10100.00} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$$

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$$\lambda_{y,fi} : \underline{20.28}$$

$$\lambda_{z,fi} : \underline{25.27}$$

$$L_{k,y} : \underline{1480.96} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{1480.96} \text{ mm}$$

$$i_{y,fi} : \underline{73.03} \text{ mm}$$

$$i_{z,fi} : \underline{58.60} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d^+} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : \underline{0.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{2165.64} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{37.50} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Permanente}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_e \cdot k}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$V_{z,d} = \underline{0.88} \text{ kN}$$

$$A_{fi} = \underline{513.59} \text{ cm}^2$$

$$k_{cr} = \underline{0.67}$$

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} = \underline{5.00} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{mod,fi} = \underline{1.00}$$

$$f_{v,k} = \underline{4.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,fi} = \underline{1.00}$$

$$k_{fi} = \underline{1.25}$$

### **Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

### **Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

### **Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta = \underline{0.003} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta = \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta = \underline{0.009} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta = \underline{0.008} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.17 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{8.52 \text{ kN}}$$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{513.59 \text{ cm}^2}$$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.11 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{2165.64 \text{ cm}^3}$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{1737.65 \text{ cm}^3}$$

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} : \underline{28.75 \text{ MPa}}$$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{23.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{37.50 \text{ MPa}}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{37.50 \text{ MPa}}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00 \text{ MPa}}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.00}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y,fi} : \underline{1.00}$$

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.98

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N2/N7

Perfil: R 250x300 Material: Madera (D30)							
Nudos	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N2	N7	1.760	750.00	56250.00	39062.50	77250.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	1.760	1.760	0.000	0.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.021 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.021 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.021 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.29 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d}$  : 21.98 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 750.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 14.15 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.80

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y}$  : 1.00

$\chi_{c,z}$  : 0.98

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_y$  : 0.55

$k_z$  : 0.58

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.31

$\lambda_{rel,z}$  : 0.37

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 10100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 20.32

$\lambda_z$  : 24.38

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 1759.56 mm

$L_{k,z}$  : 1759.56 mm

$i$ : Radio de giro

$i_y$  : 86.60 mm

$i_z$  : 72.17 mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.010 ✓

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d^+} : \underline{0.14} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d^-} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d^+} : \underline{0.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{3750.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{13.85} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Permanente}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{1.12} \text{ kN}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>A:</b> Área de la sección transversal	<b>A:</b> <u>750.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub>:</b> Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	<b>k<sub>cr</sub>:</b> <u>0.67</u>
<b>f<sub>v,d</sub>:</b> Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	<b>f<sub>v,d</sub>:</b> <u>1.85</u> MPa
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	
Donde:	
<b>k<sub>mod</sub>:</b> Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	<b>k<sub>mod</sub>:</b> <u>0.60</u>
<b>f<sub>v,k</sub>:</b> Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub>:</b> <u>4.00</u> MPa
<b>γ<sub>M</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M</sub>:</b> <u>1.30</u>

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

**σ<sub>c,0,d</sub>:** Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**σ<sub>c,0,d</sub>:** 0.20 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d}$ : <u>15.17</u> kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A$ : <u>750.00</u> cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,y}$ : <u>0.14</u> MPa
	$\sigma_{m,z}$ : <u>0.00</u> MPa
$\sigma_{m,d} =  M_d  / W_{el}$	
Donde:	
$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}$ : <u>0.53</u> kN·m
	$M_{z,d}$ : <u>0.00</u> kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$ : <u>3750.00</u> cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z}$ : <u>3125.00</u> cm <sup>3</sup>
$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d}$ : <u>10.62</u> MPa
$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	
Donde:	
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	$k_{mod}$ : <u>0.60</u>
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$ : <u>23.00</u> MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ : <u>1.30</u>
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}$ : <u>13.85</u> MPa
	$f_{m,z,d}$ : <u>13.85</u> MPa
$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	
Donde:	
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	$k_{mod}$ : <u>0.60</u>
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$ : <u>30.00</u> MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y}$ : <u>1.00</u>
	$k_{h,z}$ : <u>1.00</u>
Eje y:	
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	
$k_h = 1.0$	
Eje z:	
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	
$k_h = 1.0$	
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ : <u>1.30</u>
$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal	$k_m$ : <u>0.70</u>
$\chi_c$ : Factor de inestabilidad	$\chi_{c,y}$ : <u>1.00</u>
	$\chi_{c,z}$ : <u>0.98</u>

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 0.23 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$  : 12.00 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 513.59 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 28.75 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$  : 0.99

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.96

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3)) + \lambda$$

$k_{y,fi}$  : 0.57

$k_{z,fi}$  : 0.62

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y,fi}$  : 0.37

$\lambda_{rel,z,fi}$  : 0.46

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  
 $f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  
 $k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio  
 $\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$E_{0,k}$ : 10100.00 MPa  
 $f_{c,0,k}$ : 23.00 MPa  
 $k_{fi}$ : 1.25  
 $\lambda_{y,fi}$ : 24.09  
 $\lambda_{z,fi}$ : 30.03

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$ : 1759.56 mm

$L_{k,z}$ : 1759.56 mm

$i_{fi}$ : Radio de giro

$i_{y,fi}$ : 73.03 mm

$i_{z,fi}$ : 58.60 mm

### Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

#### Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$ : 0.18 MPa

$\sigma_{m,y,d,fi}$ : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$ : 0.39 kN·m

$M_{y,d^-}$ : 0.00 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$ : 2165.64 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$ : 37.50 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$ : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase**: Permanente

Clase de servicio

**Clase**: 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$ : 30.00 MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$ : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$ : 1.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$ : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d,fi}$ : 0.04 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$ : 0.83 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$ : 513.59 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$ : 5.00 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$ : 1.00

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$ : 4.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$ : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$ : 1.25

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.880 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP.

Se debe satisfacer:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.005 ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.013 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.011 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 0.22 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$  : 11.23 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 513.59 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$  : 0.18 MPa

$\sigma_{m,z,d,fi}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 0.39 kN·m

$M_{z,d}$  : 0.00 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$  : 2165.64 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z,fi}$  : 1737.65 cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 28.75 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$  : 37.50 MPa

$f_{m,z,d,fi}$  : 37.50 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  
 $k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$f_{m,k}$ :	30.00	MPa
$k_{h,y,fi}$ :	1.00	
$k_{h,z,fi}$ :	1.00	

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$ :	1.00
-------------------	------

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$ :	1.25
------------	------

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m$ :	0.70
---------	------

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad

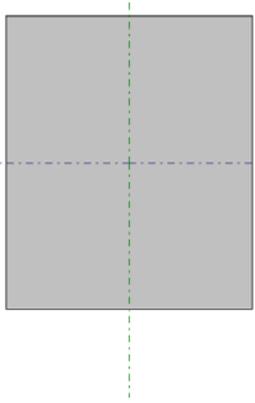
$\chi_{c,y,fi}$ :	0.99
-------------------	------

$\chi_{c,z,fi}$ :	0.96
-------------------	------

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N7/N4

Perfil: R 250x300 Material: Madera (D30)						
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N7	N4	1.481	750.00	56250.00	39062.50
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	1.481	1.481	0.000	0.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						
Situación de incendio						
Resistencia requerida: R30						

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.017 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.24 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d}$  : 18.27 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 750.00 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 14.15 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.80

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,z}$  : 1.00

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$k_z$  : 0.55

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel,z}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,z}$  : 0.31

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 10100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\lambda_z$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_z$  : 20.52

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,z}$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,z}$  : 1480.96 mm

$i_z$ : Radio de giro

$i_z$  : 72.17 mm

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión en el plano xz, ya que el valor de la esbeltez relativa respecto al eje y es inferior a 0.3.

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y}$  : 0.26

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 10100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\lambda_y$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_y$  : 17.10

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_{k,y}$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 1480.96 mm

$i_y$ : Radio de giro

$i_y$  : 86.60 mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d^+}$  : 0.00 MPa

$\sigma_{m,y,d^-}$  : 0.09 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$  : 0.00 kN·m

$M_{y,d^-}$  : 0.33 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 3750.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 13.85 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.30

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$ : 0.04 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$ : 1.19 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$ : 750.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$ : 1.85 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$ : 0.60

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$ : 4.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.30

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.555 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.005 ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.021 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.020 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$  : 0.23 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d}$  : 17.45 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 750.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y}$  : 0.08 MPa

$\sigma_{m,z}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 0.32 kN·m

$M_{z,d}$  : 0.00 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 3750.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 3125.00 cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d}$  : 14.15 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.80

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 18.46 MPa

$f_{m,z,d}$  : 18.46 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.80

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{1.00}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.19} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{9.80} \text{ kN}$$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{513.59} \text{ cm}^2$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 28.75 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$  : 1.00

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.98

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3)) + \lambda$$

$k_{y,fi}$  : 0.55

$k_{z,fi}$  : 0.58

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y,fi}$  : 0.31

$\lambda_{rel,z,fi}$  : 0.38

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 10100.00 MPa

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_{y,fi}$  : 20.28

$\lambda_{z,fi}$  : 25.27

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y}$  : 1480.96 mm

$L_{k,z}$  : 1480.96 mm

$i_{fi}$ : Radio de giro

$i_{y,fi}$  : 73.03 mm

$i_{z,fi}$  : 58.60 mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d^+} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : \underline{0.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{2165.64} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{37.50} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{Permanente}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.88} \text{ kN}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal	$A_{fi}$ : <u>513.59</u> cm <sup>2</sup>
$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	$k_{cr}$ : <u>0.67</u>
$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d,fi}$ : <u>5.00</u> MPa
$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$	
Donde:	
$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,fi}$ : <u>1.00</u>
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$ : <u>4.00</u> MPa
$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$ : <u>1.00</u>
$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_{fi}$ : <u>1.25</u>

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d,fi}$ : 0.17 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\sigma_{c0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

**N<sub>c,0,d,fi</sub>:** Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

**A<sub>fi</sub>:** Área de la sección transversal

**σ<sub>m,d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

**W<sub>el,fi</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>c,0,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

**f<sub>m,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

**k<sub>h,fi</sub>:** Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**χ<sub>c,fi</sub>:** Factor de inestabilidad

<b>N<sub>c,0,d,fi</sub> :</b>	<u>8.52</u>	kN
<b>A<sub>fi</sub> :</b>	<u>513.59</u>	cm <sup>2</sup>
<b>σ<sub>m,y,d,fi</sub> :</b>	<u>0.11</u>	MPa
<b>σ<sub>m,z,d,fi</sub> :</b>	<u>0.00</u>	MPa

<b>M<sub>y,d</sub> :</b>	<u>-0.24</u>	kN·m
<b>M<sub>z,d</sub> :</b>	<u>0.00</u>	kN·m
<b>W<sub>el,y,fi</sub> :</b>	<u>2165.64</u>	cm <sup>3</sup>
<b>W<sub>el,z,fi</sub> :</b>	<u>1737.65</u>	cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>c,0,d,fi</sub> :</b>	<u>28.75</u>	MPa

<b>k<sub>mod,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	
<b>f<sub>c,0,k</sub> :</b>	<u>23.00</u>	MPa
<b>γ<sub>M,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	

<b>k<sub>fi</sub> :</b>	<u>1.25</u>	
<b>f<sub>m,y,d,fi</sub> :</b>	<u>37.50</u>	MPa
<b>f<sub>m,z,d,fi</sub> :</b>	<u>37.50</u>	MPa

<b>k<sub>mod,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	
<b>f<sub>m,k</sub> :</b>	<u>30.00</u>	MPa
<b>k<sub>h,y,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	
<b>k<sub>h,z,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	

<b>γ<sub>M,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	
---------------------------	-------------	--

<b>k<sub>fi</sub> :</b>	<u>1.25</u>	
-------------------------	-------------	--

<b>k<sub>m</sub> :</b>	<u>0.70</u>	
------------------------	-------------	--

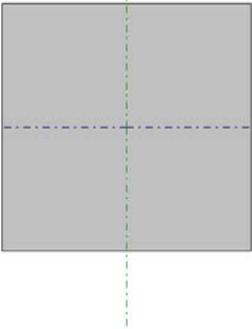
<b>χ<sub>c,y,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	
-----------------------------	-------------	--

<b>χ<sub>c,z,fi</sub> :</b>	<u>0.98</u>	
-----------------------------	-------------	--

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N6/N5

Perfil: V-160x160 Material: Madera (D30)								
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
	N6	N5	1.179	256.00	5461.33	5461.33	9175.04	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme								
					Pandeo		Pandeo lateral	
					Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
	β				1.00	1.00	0.00	0.00
	L <sub>K</sub>				1.179	1.179	0.000	0.000
	C <sub>1</sub>				-		1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								
<b>Situación de incendio</b>								
Resistencia requerida: R30								

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq$$

η : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq$$

η : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq$$

η : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

σ<sub>c,0,d</sub>: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>c,0,d</sub> : 0.08 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$i$ : Radio de giro

$$N_{c,0,d} : \frac{2.08}{\quad} \text{ kN}$$

$$A : \frac{256.00}{\quad} \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d} : \frac{10.62}{\quad} \text{ MPa}$$

$$k_{mod} : \frac{0.60}{\quad}$$

$$f_{c,0,k} : \frac{23.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\quad}$$

$$\chi_{c,y} : \frac{0.98}{\quad}$$

$$\chi_{c,z} : \frac{0.98}{\quad}$$

$$k_y : \frac{0.58}{\quad}$$

$$k_z : \frac{0.58}{\quad}$$

$$\beta_c : \frac{0.20}{\quad}$$

$$\lambda_{rel,y} : \frac{0.39}{\quad}$$

$$\lambda_{rel,z} : \frac{0.39}{\quad}$$

$$E_{0,k} : \frac{10100.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} : \frac{23.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$$\lambda_y : \frac{25.52}{\quad}$$

$$\lambda_z : \frac{25.52}{\quad}$$

$$L_{k,y} : \frac{1178.72}{\quad} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \frac{1178.72}{\quad} \text{ mm}$$

$$i_y : \frac{46.19}{\quad} \text{ mm}$$

$$i_z : \frac{46.19}{\quad} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \frac{0.004}{\quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d^+}$  : 0.05 MPa

$\sigma_{m,y,d^-}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$  : 0.03 kN·m

$M_{y,d^-}$  : 0.00 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 682.67 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 13.85 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 0.01 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 0.12 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 256.00 cm<sup>2</sup>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	$k_{cr}$ : <u>0.67</u>
$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d}$ : <u>1.85</u> MPa
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	
Donde:	
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	$k_{mod}$ : <u>0.60</u>
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$ : <u>4.00</u> MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ : <u>1.30</u>

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35.PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d}$ : 0.08 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{c,0,d}$ : 2.03 kN

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**A:** Área de la sección transversal  
 $\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>c,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**f<sub>m,d</sub>:** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

**k<sub>h</sub>:** Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**χ<sub>c</sub>:** Factor de inestabilidad

**A :** 256.00 cm<sup>2</sup>  
**σ<sub>m,y</sub> :** 0.05 MPa  
**σ<sub>m,z</sub> :** 0.00 MPa

**M<sub>y,d</sub> :** 0.03 kN·m  
**M<sub>z,d</sub> :** 0.00 kN·m  
**W<sub>el,y</sub> :** 682.67 cm<sup>3</sup>  
**W<sub>el,z</sub> :** 682.67 cm<sup>3</sup>  
**f<sub>c,0,d</sub> :** 10.62 MPa

**k<sub>mod</sub> :** 0.60  
**f<sub>c,0,k</sub> :** 23.00 MPa  
**γ<sub>M</sub> :** 1.30  
**f<sub>m,y,d</sub> :** 13.85 MPa  
**f<sub>m,z,d</sub> :** 13.85 MPa

**k<sub>mod</sub> :** 0.60  
**f<sub>m,k</sub> :** 30.00 MPa  
**k<sub>h,y</sub> :** 1.00  
**k<sub>h,z</sub> :** 1.00

**γ<sub>M</sub> :** 1.30

**k<sub>m</sub> :** 0.70

**χ<sub>c,y</sub> :** 0.98

**χ<sub>c,z</sub> :** 0.98

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 0.12 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$  : 1.54 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 127.69 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 28.75 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$  : 0.94

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.94

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3)) + \lambda$$

$k_{y,fi}$  : 0.68

$k_{z,fi}$  : 0.68

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y,fi}$  : 0.55

$\lambda_{rel,z,fi}$  : 0.55

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k} : \underline{10100.00} \text{ MPa}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.25}$

$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_{y,fi} : \underline{36.13}$

$\lambda_{z,fi} : \underline{36.13}$

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_x}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y} : \underline{1178.72} \text{ mm}$

$L_{k,z} : \underline{1178.72} \text{ mm}$

$i_{fi}$ : Radio de giro

$i_{y,fi} : \underline{32.62} \text{ mm}$

$i_{z,fi} : \underline{32.62} \text{ mm}$

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{y,d^-} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{240.48} \text{ cm}^3$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi} : \underline{39.69} \text{ MPa}$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase :** Permanente

Clase de servicio

**Clase :** 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi} : \underline{1.06}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(150 / h_{fi}\right)^{0.2}; 1\right\}$$

Donde:

<b>h<sub>fi</sub>:</b> Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h<sub>fi</sub>:</b> <u>113.00</u> mm
<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub>:</b> <u>1.25</u>

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

**η:** 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones PP.

Donde:

**τ<sub>d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a cortante, dada por: **τ<sub>d,fi</sub>:** 0.02 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

<b>V<sub>d</sub>:</b> Cortante de cálculo	<b>V<sub>d</sub>:</b> <u>0.09</u> kN
<b>A<sub>fi</sub>:</b> Área de la sección transversal	<b>A<sub>fi</sub>:</b> <u>127.69</u> cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub>:</b> Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	<b>k<sub>cr</sub>:</b> <u>0.67</u>

**f<sub>v,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **f<sub>v,d,fi</sub>:** 5.00 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>f<sub>v,k</sub>:</b> Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub>:</b> <u>4.00</u> MPa
<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub>:</b> <u>1.25</u>

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.12} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi} : \underline{1.50} \text{ kN}$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{127.69} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{240.48} \text{ cm}^3$

$W_{el,z,fi} : \underline{240.48} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi} : \underline{28.75} \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (150 / h_{fi})^{0.2} ; 1.3 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (150 / h_{fi})^{0.2} ; 1.3 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{39.69} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{39.69} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.06}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.06}$$

$$h_{fi} : \underline{113.00} \text{ mm}$$

$$h_{fi} : \underline{113.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{fi} : \underline{1.25}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$

$$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.94}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.94}$$

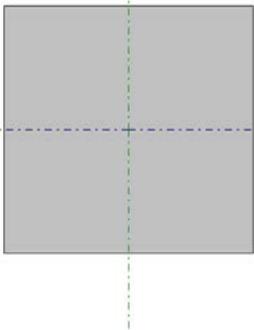
**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Barra N6/N7

Perfil: V-160x160 Material: Madera (D30)							
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
	N6	N7	1.179	256.00	5461.33	5461.33	9175.04
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β		1.00	1.00	0.00	0.00	
	L <sub>K</sub>		1.179	1.179	0.000	0.000	
	C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

σ<sub>c,0,d</sub>: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>c,0,d</sub> : 0.08 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

N<sub>c,0,d</sub>: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>c,0,d</sub> : 2.08 kN

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**A:** Área de la sección transversal

**A :** 256.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>c,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>c,0,d</sub> :** 10.62 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

**k<sub>mod</sub> :** 0.60

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**f<sub>c,0,k</sub> :** 23.00 MPa

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub> :** 1.30

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

**χ<sub>c</sub>:** Factor de inestabilidad, dado por:

**χ<sub>c,y</sub> :** 0.98

**χ<sub>c,z</sub> :** 0.98

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

**k<sub>y</sub> :** 0.58

**k<sub>z</sub> :** 0.58

Donde:

**β<sub>c</sub>:** Factor asociado a la rectitud de las piezas

**β<sub>c</sub> :** 0.20

**λ<sub>rel</sub>:** Esbeltez relativa, dada por:

**λ<sub>rel,y</sub> :** 0.39

**λ<sub>rel,z</sub> :** 0.39

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>:** Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**E<sub>0,k</sub> :** 10100.00 MPa

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**f<sub>c,0,k</sub> :** 23.00 MPa

**λ:** Esbeltez mecánica, dada por:

**λ<sub>y</sub> :** 25.52

**λ<sub>z</sub> :** 25.52

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

**L<sub>k</sub>:** Longitud de pandeo de la barra

**L<sub>k,y</sub> :** 1178.72 mm

**L<sub>k,z</sub> :** 1178.72 mm

**i:** Radio de giro

**i<sub>y</sub> :** 46.19 mm

**i<sub>z</sub> :** 46.19 mm

### Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

**η :** 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d^+}$  : 0.05 MPa  
 $\sigma_{m,y,d^-}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$  : 0.03 kN·m

$M_{y,d^-}$  : 0.00 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 682.67 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 13.85 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.30

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$  : 0.01 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$  : 0.12 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 256.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$ : 1.85 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$ : 0.60

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$ : 4.00 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.30

### **Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

### **Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

### **Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.004 ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.011 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.010 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d}$ : 0.08 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d}$ : <u>2.03</u> kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A$ : <u>256.00</u> cm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,y}$ : <u>0.05</u> MPa
	$\sigma_{m,z}$ : <u>0.00</u> MPa
$\sigma_{m,d} =  M_d  / W_{el}$	
Donde:	
$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}$ : <u>0.03</u> kN·m
	$M_{z,d}$ : <u>0.00</u> kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$ : <u>682.67</u> cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z}$ : <u>682.67</u> cm <sup>3</sup>
$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:	$f_{c,0,d}$ : <u>10.62</u> MPa
$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	
Donde:	
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	$k_{mod}$ : <u>0.60</u>
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$ : <u>23.00</u> MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ : <u>1.30</u>
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}$ : <u>13.85</u> MPa
	$f_{m,z,d}$ : <u>13.85</u> MPa
$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	
Donde:	
$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)	$k_{mod}$ : <u>0.60</u>
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$ : <u>30.00</u> MPa
$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y}$ : <u>1.00</u>
	$k_{h,z}$ : <u>1.00</u>
Eje y:	
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	
$k_h = 1.0$	
Eje z:	
Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:	
$k_h = 1.0$	
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ : <u>1.30</u>
$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal	$k_m$ : <u>0.70</u>
$\chi_c$ : Factor de inestabilidad	$\chi_{c,y}$ : <u>0.98</u>
	$\chi_{c,z}$ : <u>0.98</u>

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 0.12 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$  : 1.54 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 127.69 cm<sup>2</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$  : 28.75 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 23.00 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$  : 0.94

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.94

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3)) + \lambda$$

$k_{y,fi}$  : 0.68

$k_{z,fi}$  : 0.68

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\beta_c$  : 0.20

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y,fi}$  : 0.55

$\lambda_{rel,z,fi}$  : 0.55

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k} : \underline{10100.00} \text{ MPa}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.25}$

$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_{y,fi} : \underline{36.13}$

$\lambda_{z,fi} : \underline{36.13}$

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$L_{k,y} : \underline{1178.72} \text{ mm}$

$L_{k,z} : \underline{1178.72} \text{ mm}$

$i_{fi}$ : Radio de giro

$i_{y,fi} : \underline{32.62} \text{ mm}$

$i_{z,fi} : \underline{32.62} \text{ mm}$

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{y,d^-} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{240.48} \text{ cm}^3$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi} : \underline{39.69} \text{ MPa}$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase :** Permanente

Clase de servicio

**Clase :** 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi} : \underline{1.06}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (150 / h_{fi})^{0.2} ; 1.3 \right\}$$

Donde:

<b>h<sub>fi</sub>:</b> Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h<sub>fi</sub>:</b> <u>113.00</u> mm
<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub>:</b> <u>1.25</u>

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

**η:** 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones PP.

Donde:

**τ<sub>d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a cortante, dada por: **τ<sub>d,fi</sub>:** 0.02 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

<b>V<sub>d</sub>:</b> Cortante de cálculo	<b>V<sub>d</sub>:</b> <u>0.09</u> kN
<b>A<sub>fi</sub>:</b> Área de la sección transversal	<b>A<sub>fi</sub>:</b> <u>127.69</u> cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub>:</b> Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	<b>k<sub>cr</sub>:</b> <u>0.67</u>

**f<sub>v,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **f<sub>v,d,fi</sub>:** 5.00 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>f<sub>v,k</sub>:</b> Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub>:</b> <u>4.00</u> MPa
<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub>:</b> <u>1.25</u>

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.589 m del nudo N6, para la combinación de acciones PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.12} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi} : \underline{1.50} \text{ kN}$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{127.69} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{240.48} \text{ cm}^3$

$W_{el,z,fi} : \underline{240.48} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi} : \underline{28.75} \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{23.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (150 / h_{fi})^{0.2} ; 1.3 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (150 / h_{fi})^{0.2} ; 1.3 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad

$k_{fi}$  : 1.25

$f_{m,y,d,fi}$  : 39.69 MPa

$f_{m,z,d,fi}$  : 39.69 MPa

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

$k_{h,y,fi}$  : 1.06

$k_{h,z,fi}$  : 1.06

$h_{fi}$  : 113.00 mm

$h_{fi}$  : 113.00 mm

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$  : 1.25

$k_m$  : 0.70

$\chi_{c,y,fi}$  : 0.94

$\chi_{c,z,fi}$  : 0.94

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE												Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$		
N1/N3	$\eta = 2.7$	N.P.(1)	x: 1.185 m $\eta = 0.9$	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 2.37 m $\eta = 1.3$	N.P.(4)	N.P.(5)	x: 1.185 m $\eta = 3.5$	N.P.(6)	N.P.(7)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.5$	
N3/N2	$\eta = 2.7$	N.P.(1)	x: 1.185 m $\eta = 0.9$	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m $\eta = 1.3$	N.P.(4)	N.P.(5)	x: 1.185 m $\eta = 3.5$	N.P.(6)	N.P.(7)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 3.5$	
N3/N6	x: 0.735 m $\eta = 0.3$	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(8)	N.P.(6)	N.P.(7)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.3$	
N6/N4	x: 1.475 m $\eta = 0.9$	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(8)	N.P.(6)	N.P.(7)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.9$	
N1/N5	N.P.(9)	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 0.88 m $\eta = 1.0$	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 0 m $\eta = 1.8$	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(8)	x: 0.88 m $\eta = 2.9$	N.P.(7)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 2.9$	

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

N5/N4	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 1.481 m $\eta = 0.6$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.481 m $\eta = 1.9$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.555 m $\eta = 2.1$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 2.1$
N2/N7	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 0.88 m $\eta = 1.0$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 1.8$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.88 m $\eta = 2.9$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 2.9$
N7/N4	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 1.481 m $\eta = 0.6$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.481 m $\eta = 1.9$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.555 m $\eta = 2.1$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 2.1$
N6/N5	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0.589 m $\eta = 0.4$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.6$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.589 m $\eta = 1.1$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 1.1$
N6/N7	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0.589 m $\eta = 0.4$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.6$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.589 m $\eta = 1.1$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 1.1$

Notación:

$N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y  
 $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z  
 $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y  
 $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z  
 $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión  
 $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada  
 $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas.
- (7) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.
- (8) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (9) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N3	$\eta = 1.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.185 m $\eta = 0.5$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.37 m $\eta = 0.6$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.185 m $\eta = 1.6$	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 1.6$
N3/N2	$\eta = 1.2$	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.185 m $\eta = 0.5$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.6$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.185 m $\eta = 1.6$	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 1.6$
N3/N6	x: 0.735 m $\eta = 0.1$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.1$
N6/N4	x: 1.475 m $\eta = 0.4$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.4$
N1/N5	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0.88 m $\eta = 0.5$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.7$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.88 m $\eta = 1.3$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 1.3$
N5/N4	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.7$	x: 1.481 m $\eta = 0.3$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.481 m $\eta = 0.8$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 1.481 m $\eta = 0.9$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.9$
N2/N7	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 0.88 m $\eta = 0.5$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.7$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.88 m $\eta = 1.3$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 1.3$
N7/N4	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.7$	x: 1.481 m $\eta = 0.3$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.481 m $\eta = 0.8$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 1.481 m $\eta = 0.9$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.9$
N6/N5	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0.589 m $\eta = 0.3$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.589 m $\eta = 0.7$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.7$
N6/N7	N.P. <sup>(9)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0.589 m $\eta = 0.3$	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.3$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 0.589 m $\eta = 0.7$	N.P. <sup>(7)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.7$

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

Notación:

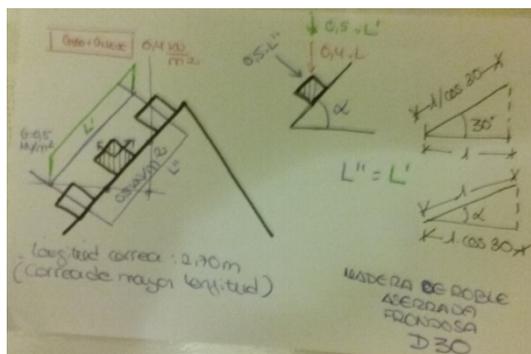
- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

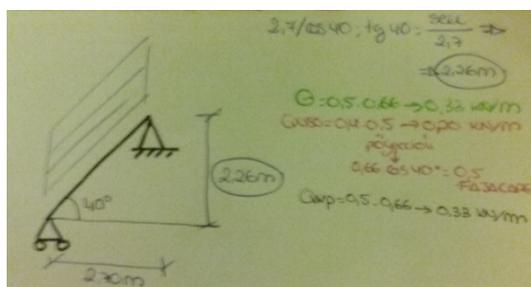
- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (6) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas.
- (7) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.
- (8) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (9) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

#### 4.1.7 CÁLCULO CORREA REPRESENTATIVA, DE LA ESTRUCTURA DE CUBIERTA

##### 4.1.7.1 Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la correa.



ESTIMACIÓN CARGAS



ESTIMACIÓN CARGAS

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**4.1.7.2 Datos de la obra**

**4.1.7.2.1 Normas consideradas**

Madera: CTE DB SE-M

**Categoría de uso:** G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento

**4.1.7.2.2 Estados límite**

E.L.U. de rotura. Madera	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

**4.1.7.2.2.1 Situaciones de proyecto**

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

**- Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

**- Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

- G<sub>k</sub> Acción permanente
- Q<sub>k</sub> Acción variable
- γ<sub>G</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- γ<sub>Q,1</sub> Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- γ<sub>Q,i</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- Ψ<sub>p,1</sub> Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- Ψ<sub>a,i</sub> Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	<b>Persistente o transitoria</b>			
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600

### Desplazamientos

	<b>Acciones variables sin sismo</b>	
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000

#### 4.1.7.2.2.2 Combinaciones

##### ⇒ Nombres de las hipótesis

PP    Peso propio  
 G    G  
 Q USO    Q USO  
 Qvp    Qvp

##### ⇒ E.L.U. de rotura. Madera

Comb.	PP	G	Q USO	Qvp
1	0.800	0.800		
2	1.350	0.800		
3	0.800	1.350		
4	1.350	1.350		
5	0.800	0.800	1.500	
6	1.350	0.800	1.500	
7	0.800	1.350	1.500	
8	1.350	1.350	1.500	
9	0.800	0.800		1.500
10	1.350	0.800		1.500
11	0.800	1.350		1.500
12	1.350	1.350		1.500
13	0.800	0.800	1.500	0.900
14	1.350	0.800	1.500	0.900
15	0.800	1.350	1.500	0.900
16	1.350	1.350	1.500	0.900

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

⇒ **Desplazamientos**

Comb.	PP	G	Q USO	Qvp
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	1.000	
3	1.000	1.000		1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000

**4.1.7.2.3 Resistencia al fuego**

**Perfiles de madera**

Norma: CTE DB SI. Anejo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Resistencia requerida: R30

**4.1.7.3 Estructura**

**4.1.7.3.1 Geometría**

**4.1.7.3.1.1 Nudos**

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

$U_x, U_y, U_z$ : Vector director de la recta o vector normal al plano de dependencia

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.  
 -

Referencia	<b>Nudos</b>														
	Coordenadas			Vinculación exterior											Vinculación interior
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	Dependencias	$U_x$	$U_y$	$U_z$		
N1	0.000	0.000	0.000	X	-	X	-	-	-	Recta	0.000	1.000	0.000	Empotrado	
N2	0.000	2.700	0.000	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado	

**4.1.7.3.1.2 Barras**

Materiales utilizados						
Material		E(MPa)	$\nu$	G(MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Tipo	Designación					
Madera	D30	12000.00	7.000	750.00	0.000005	6.28

Notación:

- E: Módulo de elasticidad
- $\nu$ : Módulo de Poisson
- G: Módulo de cortadura
- $\alpha_t$ : Coeficiente de dilatación
- $\gamma$ : Peso específico

**Descripción**

Descripción									
Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designación								
Madera	D30	N1/N2	N1/N2	R 150x150 (R)	2.700	1.00	1.00	-	-

Notación:

- Ni: Nudo inicial
- Nf: Nudo final
- $\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
- $\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
- Lb<sub>Sup.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala superior
- Lb<sub>Inf.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala inferior

**Características mecánicas**

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A(cm <sup>2</sup> )	Avy(cm <sup>2</sup> )	Avz(cm <sup>2</sup> )	Iyy(cm <sup>4</sup> )	Izz(cm <sup>4</sup> )	It(cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Madera	D30	1	R 150x150, (R)	225.00	187.50	187.50	4218.75	4218.75	7087.50

Notación:

- Ref.: Referencia
  - A: Área de la sección transversal
  - Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
  - Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
  - Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
  - Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
  - It: Inercia a torsión
- Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

**Tabla de medición**

Tabla de medición						
Material		Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	Volumen(m <sup>3</sup> )	Peso(kg)
Tipo	Designación					
Madera	D30	N1/N2	R 150x150 (R)	2.700	0.061	38.88

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Notación:  
 Ni: Nudo inicial  
 Nf: Nudo final

### Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m³)	Serie(m³)	Material(m³)	Perfil(kg)	Serie(kg)	Material(kg)
		R	R 150x150	2.700			0.061			38.88		
		R		2.700			0.061			38.88		
Madera	D30					2.700			0.061			38.88

### Medición de superficies

Madera: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m²/m)	Longitud(m)	Superficie(m²)
R	R 150x150	0.600	2.700	1.620
<b>Total</b>				<b>1.620</b>

#### 4.1.7.3.2 Cargas

##### 4.1.7.3.2.1 Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

			Cargas en barras								
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición			Dirección			
			P1	P2	L1(m)	L2(m)	Ejes	X	Y	Z	
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.141	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	
N1/N2	G	Uniforme	0.330	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	
N1/N2	Q USO	Uniforme	0.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	
N1/N2	Qvp	Uniforme	0.330	-	-	-	Locales	0.000	0.000	-1.000	

#### 4.1.7.3.3 Resultados

##### 4.1.7.3.3.1 Nudos

#### Desplazamientos

Referencias:

Dx, Dy, Dz: Desplazamientos de los nudos en ejes globales.  
 Gx, Gy, Gz: Giros de los nudos en ejes globales.

#### Hipótesis

		Desplazamientos de los nudos, por hipótesis						
Referencia	Descripción	Desplazamientos en ejes globales						
		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)	
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.000	-0.229	0.000	0.000	
	G	0.000	0.000	0.000	-0.535	0.000	0.000	
	Q USO	0.000	0.000	0.000	-0.324	0.000	0.000	
	Qvp	0.000	0.000	0.000	-0.410	0.000	0.344	
N2	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.229	0.000	0.000	
	G	0.000	0.000	0.000	0.535	0.000	0.000	
	Q USO	0.000	0.000	0.000	0.324	0.000	0.000	
	Qvp	0.000	0.000	0.000	0.410	0.000	-0.344	

#### Combinaciones

		Desplazamientos de los nudos, por combinación							
Referencia	Tipo	Combinación	Descripción	Desplazamientos en ejes globales					
				Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos		PP+G	0.000	0.000	0.000	-0.763	0.000	0.000
			PP+G+QUSO	0.000	0.000	0.000	-1.087	0.000	0.000
			PP+G+Qvp	0.000	0.000	0.000	-1.173	0.000	0.344
			PP+G+QUSO+Qvp	0.000	0.000	0.000	-1.497	0.000	0.344
N2	Desplazamientos		PP+G	0.000	0.000	0.000	0.763	0.000	0.000
			PP+G+QUSO	0.000	0.000	0.000	1.087	0.000	0.000
			PP+G+Qvp	0.000	0.000	0.000	1.173	0.000	-0.344
			PP+G+QUSO+Qvp	0.000	0.000	0.000	1.497	0.000	-0.344

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Envoltentes

Envoltente de los desplazamientos en nudos									
Referencia	Tipo	Combinación	Descripción	Desplazamientos en ejes globales					
				Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos		Valor mínimo de la envoltente	0.000	0.000	0.000	-1.497	0.000	0.000
			Valor máximo de la envoltente	0.000	0.000	0.000	-0.763	0.000	0.344
N2	Desplazamientos		Valor mínimo de la envoltente	0.000	0.000	0.000	0.763	0.000	-0.344
			Valor máximo de la envoltente	0.000	0.000	0.000	1.497	0.000	0.000

### Reacciones

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).  
 Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

### Hipótesis

Reacciones en los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Reacciones en ejes globales					
		Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.191	0.00	0.00	0.00
	G	0.000	0.000	0.446	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	0.270	0.00	0.00	0.00
	Qvp	0.286	0.000	0.341	0.00	0.00	0.00
N2	Peso propio	0.000	0.000	0.191	0.00	0.00	0.00
	G	0.000	0.000	0.446	0.00	0.00	0.00
	Q USO	0.000	0.000	0.270	0.00	0.00	0.00
	Qvp	0.286	0.000	0.341	0.00	0.00	0.00

### Combinaciones

Reacciones en los nudos, por combinación									
Referencia	Tipo	Combinación	Descripción	Reacciones en ejes globales					
				Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)
N1	Hormigón en cimentaciones	PP+G		0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
			1.6-PP+G	0.000	0.000	0.751	0.00	0.00	0.00
			PP+1.6-G	0.000	0.000	0.904	0.00	0.00	0.00
			1.6-PP+1.6-G	0.000	0.000	1.018	0.00	0.00	0.00
			PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.068	0.00	0.00	0.00
			1.6-PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.183	0.00	0.00	0.00
			PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.336	0.00	0.00	0.00
			1.6-PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.450	0.00	0.00	0.00
			PP+G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.182	0.00	0.00	0.00
			1.6-PP+G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.297	0.00	0.00	0.00
			PP+1.6-G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.450	0.00	0.00	0.00
			1.6-PP+1.6-G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.564	0.00	0.00	0.00
			PP+G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.396	0.00	0.00	0.00
			1.6-PP+G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.510	0.00	0.00	0.00
			PP+1.6-G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.663	0.00	0.00	0.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

		1.6-PP+1.6-G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.778	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	PP+G	0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
		PP+G+QUSO	0.000	0.000	0.906	0.00	0.00	0.00
		PP+G+Qvp	0.286	0.000	0.977	0.00	0.00	0.00
		PP+G+QUSO+Qvp	0.286	0.000	1.247	0.00	0.00	0.00
N2	Hormigón en cimentaciones	PP+G	0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G	0.000	0.000	0.751	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G	0.000	0.000	0.904	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G	0.000	0.000	1.018	0.00	0.00	0.00
		PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.068	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.183	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.336	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G+1.6-QUSO	0.000	0.000	1.450	0.00	0.00	0.00
		PP+G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.182	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.297	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.450	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G+1.6-Qvp	0.458	0.000	1.564	0.00	0.00	0.00
		PP+G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.396	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.510	0.00	0.00	0.00
		PP+1.6-G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.663	0.00	0.00	0.00
		1.6-PP+1.6-G+1.6-QUSO+0.96-Qvp	0.275	0.000	1.778	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	PP+G	0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
		PP+G+QUSO	0.000	0.000	0.906	0.00	0.00	0.00
		PP+G+Qvp	0.286	0.000	0.977	0.00	0.00	0.00
		PP+G+QUSO+Qvp	0.286	0.000	1.247	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

### Envolventes

Envolventes de las reacciones en nudos									
Referencia	Tipo	Combinación	Descripción	Reacciones en ejes globales					
				Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN·m)	My(kN·m)	Mz(kN·m)
N1	Hormigón en cimentaciones		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.458	0.000	1.778	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.286	0.000	1.247	0.00	0.00	0.00
N2	Hormigón en cimentaciones		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.458	0.000	1.778	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno		Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.636	0.00	0.00	0.00
			Valor máximo de la envolvente	0.286	0.000	1.247	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.7.3.3.2 Barras

##### Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axil (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN-m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN-m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN-m)

##### Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.386 m	0.579 m	0.964 m	1.350 m	1.736 m	2.121 m	2.314 m	2.700 m
N1/N2	Peso propio	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	-0.123	-0.088	-0.070	-0.035	0.000	0.035	0.070	0.088	0.123
		Vz	-0.146	-0.104	-0.083	-0.042	0.000	0.042	0.083	0.104	0.146
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.05	0.07	0.09	0.10	0.09	0.07	0.05	0.00
		Mz	0.00	0.04	0.06	0.08	0.08	0.08	0.06	0.04	0.00
	G	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	-0.286	-0.205	-0.164	-0.082	0.000	0.082	0.164	0.205	0.286
		Vz	-0.341	-0.244	-0.195	-0.098	0.000	0.098	0.195	0.244	0.341
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.11	0.16	0.21	0.23	0.21	0.16	0.11	0.00
		Mz	0.00	0.09	0.13	0.18	0.19	0.18	0.13	0.09	0.00
	Q USO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy	-0.174	-0.124	-0.099	-0.050	0.000	0.050	0.099	0.124	0.174
		Vz	-0.207	-0.148	-0.118	-0.059	0.000	0.059	0.118	0.148	0.207
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	0.07	0.09	0.13	0.14	0.13	0.09	0.07	0.00
		Mz	0.00	0.06	0.08	0.11	0.12	0.11	0.08	0.06	0.00
Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-0.445	-0.318	-0.255	-0.127	0.000	0.127	0.255	0.318	0.446	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	0.15	0.20	0.28	0.30	0.28	0.20	0.15	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

##### Combinaciones

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Tipo	Combinación Descripción	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
				0.000 m	0.386 m	0.579 m	0.964 m	1.350 m	1.736 m	2.121 m	2.314 m	2.700 m	
N1/N2	Madera	0.8-PP+0.8-G	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vy	-0.327	-0.234	-0.187	-0.093	0.000	0.093	0.187	0.234	0.327	
			Vz	-0.390	-0.278	-0.223	-0.111	0.000	0.111	0.223	0.278	0.390	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	0.13	0.18	0.24	0.26	0.24	0.18	0.13	0.00	
			Mz	0.00	0.11	0.15	0.20	0.22	0.20	0.15	0.11	0.00	
	1.35-PP+0.8-G			N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
				Vy	-0.395	-0.282	-0.225	-0.113	0.000	0.113	0.225	0.282	0.395
				Vz	-0.470	-0.336	-0.269	-0.134	0.000	0.134	0.269	0.336	0.470
				Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				My	0.00	0.15	0.20	0.28	0.30	0.28	0.20	0.15	0.00
				Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Proyecto: Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"**  
**Situación: Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra**  
**Fecha: Enero 2016**

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.16	0.21	0.29	0.32	0.29	0.21	0.16	0.00
	Mz	0.00	0.13	0.18	0.24	0.27	0.24	0.18	0.13	0.00
0.8-PP+1.35-G	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.485	-0.346	-0.277	-0.138	0.000	0.138	0.277	0.346	0.485
	Vz	-0.578	-0.413	-0.330	-0.165	0.000	0.165	0.330	0.413	0.578
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.19	0.26	0.36	0.39	0.36	0.26	0.19	0.00
	Mz	0.00	0.16	0.22	0.30	0.33	0.30	0.22	0.16	0.00
1.35-PP+1.35-G	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.552	-0.394	-0.315	-0.158	0.000	0.158	0.315	0.394	0.552
	Vz	-0.658	-0.470	-0.376	-0.188	0.000	0.188	0.376	0.470	0.658
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.22	0.30	0.41	0.44	0.41	0.30	0.22	0.00
	Mz	0.00	0.18	0.25	0.34	0.37	0.34	0.25	0.18	0.00
0.8-PP+0.8-G+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.587	-0.420	-0.336	-0.168	0.000	0.168	0.336	0.420	0.587
	Vz	-0.700	-0.500	-0.400	-0.200	0.000	0.200	0.400	0.500	0.700
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.23	0.32	0.43	0.47	0.43	0.32	0.23	0.00
	Mz	0.00	0.19	0.27	0.36	0.40	0.36	0.27	0.19	0.00
1.35-PP+0.8-G+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.655	-0.468	-0.374	-0.187	0.000	0.187	0.374	0.468	0.655
	Vz	-0.780	-0.557	-0.446	-0.223	0.000	0.223	0.446	0.557	0.780
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.26	0.35	0.48	0.53	0.48	0.35	0.26	0.00
	Mz	0.00	0.22	0.30	0.41	0.44	0.41	0.30	0.22	0.00
0.8-PP+1.35-G+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.745	-0.532	-0.426	-0.213	0.000	0.213	0.426	0.532	0.745
	Vz	-0.888	-0.634	-0.507	-0.254	0.000	0.254	0.507	0.634	0.888
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.29	0.40	0.55	0.60	0.55	0.40	0.29	0.00
	Mz	0.00	0.25	0.34	0.46	0.50	0.46	0.34	0.25	0.00
1.35-PP+1.35-G+1.5-QUSO	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.812	-0.580	-0.464	-0.232	0.000	0.232	0.464	0.580	0.812
	Vz	-0.968	-0.692	-0.553	-0.277	0.000	0.277	0.553	0.692	0.968
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.32	0.44	0.60	0.65	0.60	0.44	0.32	0.00
	Mz	0.00	0.27	0.37	0.50	0.55	0.50	0.37	0.27	0.00
0.8-PP+0.8-G+1.5-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.327	-0.234	-0.187	-0.093	0.000	0.093	0.187	0.234	0.327
	Vz	-1.058	-0.756	-0.605	-0.302	0.000	0.302	0.605	0.756	1.058
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.35	0.48	0.66	0.71	0.66	0.48	0.35	0.00
	Mz	0.00	0.11	0.15	0.20	0.22	0.20	0.15	0.11	0.00
1.35-PP+0.8-G+1.5-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.395	-0.282	-0.225	-0.113	0.000	0.113	0.225	0.282	0.395
	Vz	-1.138	-0.813	-0.651	-0.325	0.000	0.325	0.651	0.813	1.138
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.38	0.52	0.71	0.77	0.71	0.52	0.38	0.00
	Mz	0.00	0.13	0.18	0.24	0.27	0.24	0.18	0.13	0.00
0.8-PP+1.35-G+1.5-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.485	-0.346	-0.277	-0.138	0.000	0.138	0.277	0.346	0.485
	Vz	-1.246	-0.890	-0.712	-0.356	0.000	0.356	0.712	0.890	1.246
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.41	0.57	0.77	0.84	0.77	0.57	0.41	0.00
	Mz	0.00	0.16	0.22	0.30	0.33	0.30	0.22	0.16	0.00
1.35-PP+1.35-G+1.5-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.552	-0.394	-0.315	-0.158	0.000	0.158	0.315	0.394	0.552
	Vz	-1.326	-0.947	-0.758	-0.379	0.000	0.379	0.758	0.947	1.326
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.44	0.60	0.82	0.90	0.82	0.60	0.44	0.00
	Mz	0.00	0.18	0.25	0.34	0.37	0.34	0.25	0.18	0.00
0.8-PP+0.8-G+1.5-QUSO+0.9-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.587	-0.420	-0.336	-0.168	0.000	0.168	0.336	0.420	0.587
	Vz	-1.101	-0.786	-0.629	-0.315	0.000	0.315	0.629	0.786	1.101

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.36	0.50	0.68	0.74	0.68	0.50	0.36	0.00
	Mz	0.00	0.19	0.27	0.36	0.40	0.36	0.27	0.19	0.00
1.35-PP+0.8-G+1.5-QUSO+0.9-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.655	-0.468	-0.374	-0.187	0.000	0.187	0.374	0.468	0.655
	Vz	-1.181	-0.844	-0.675	-0.338	0.000	0.338	0.675	0.844	1.181
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.39	0.54	0.73	0.80	0.73	0.54	0.39	0.00
	Mz	0.00	0.22	0.30	0.41	0.44	0.41	0.30	0.22	0.00
0.8-PP+1.35-G+1.5-QUSO+0.9-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.745	-0.532	-0.426	-0.213	0.000	0.213	0.426	0.532	0.745
	Vz	-1.289	-0.921	-0.736	-0.368	0.000	0.368	0.736	0.921	1.289
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.43	0.59	0.80	0.87	0.80	0.59	0.43	0.00
	Mz	0.00	0.25	0.34	0.46	0.50	0.46	0.34	0.25	0.00
1.35-PP+1.35-G+1.5-QUSO+0.9-Qvp	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vy	-0.812	-0.580	-0.464	-0.232	0.000	0.232	0.464	0.580	0.812
	Vz	-1.369	-0.978	-0.782	-0.391	0.000	0.391	0.782	0.978	1.369
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	My	0.00	0.45	0.62	0.85	0.92	0.85	0.62	0.45	0.00
	Mz	0.00	0.27	0.37	0.50	0.55	0.50	0.37	0.27	0.00

## Envolventes

Envolventes de los esfuerzos en barras												
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.386 m	0.579 m	0.964 m	1.350 m	1.736 m	2.121 m	2.314 m	2.700 m	
N1/N2	Madera	N <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>min</sub>	-0.812	-0.580	-0.464	-0.232	0.000	0.093	0.187	0.234	0.327	
		Vy <sub>máx</sub>	-0.327	-0.234	-0.187	-0.093	0.000	0.232	0.464	0.580	0.812	
		Vz <sub>min</sub>	-1.369	-0.978	-0.782	-0.391	0.000	0.111	0.223	0.278	0.390	
		Vz <sub>máx</sub>	-0.390	-0.278	-0.223	-0.111	0.000	0.391	0.782	0.978	1.369	
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	0.00	0.13	0.18	0.24	0.26	0.24	0.18	0.13	0.00	
		My <sub>máx</sub>	0.00	0.45	0.62	0.85	0.92	0.85	0.62	0.45	0.00	
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.11	0.15	0.20	0.22	0.20	0.15	0.11	0.00	
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.27	0.37	0.50	0.55	0.50	0.37	0.27	0.00	

## Resistencia

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

⇒ G: Sólo gravitatorias

⇒ GV: Gravitatorias + viento

⇒ GS: Gravitatorias + sismo

⇒ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\eta$ : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que  $\eta \leq 100\%$ .

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	11.20	1.350	0.000	0.000	0.000	0.00	0.92	0.55	GV	Cumple

Comprobación de resistencia en situación de incendio										
R. req. <sup>(1)</sup> : R30										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	9.13	1.350	0.000	0.000	0.000	0.00	0.48	0.28	GV	Cumple

Notas:

<sup>(1)</sup> Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).

### Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

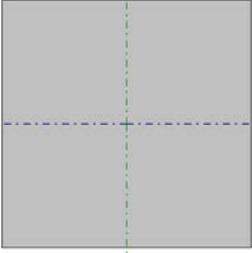
Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta		Flecha máxima absoluta		Flecha activa absoluta		Flecha activa absoluta	
	xy	Flecha máxima relativa	xz	Flecha máxima relativa	xy	Flecha activa relativa	xz	Flecha activa relativa
	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)
N1/N2	1.350	0.62	1.350	1.21	1.350	0.18	1.350	0.69
	1.350	L(>1000)	1.350	L(>1000)	1.350	L(>1000)	1.350	L(>1000)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Comprobaciones E.L.U. (Completo)**

Barra N1/N2

Perfil: R 150x150 Material: Madera (D30)							
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm²)	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N1	N2	2.700	225.00	4218.75	4218.75	7087.50
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	1.00	1.00	0.00	0.00			
L <sub>K</sub>	2.700	2.700	0.000	0.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : 0.079 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.350 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·G+1.5·QUSO+0.9·Qvp.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

σ<sub>m,d</sub>: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

σ<sub>m,y,d</sub>\* : 1.64 MPa  
 σ<sub>m,y,d</sub>\* : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

$$M_{y,d^+} : \underline{\quad 0.92 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{\quad 562.50 \quad} \text{ cm}^3$$

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d^+} : \underline{\quad 20.77 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d^-} : \underline{\quad 13.85 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod^+} : \underline{\quad 0.90 \quad}$$

$$k_{mod^-} : \underline{\quad 0.60 \quad}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase}^+ : \underline{\quad \text{Corta duración} \quad}$$

$$\text{Clase}^- : \underline{\quad \text{Permanente} \quad}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{\quad 30.00 \quad} \text{ MPa}$$

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{\quad 1.00 \quad}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min \left\{ (150 / h)^{0.2} ; 1 \right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{\quad 150.00 \quad} \text{ mm}$$

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{\quad 1.30 \quad}$$

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.053 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.350 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·G+1.5·QUSO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

**σ<sub>m,d</sub>**: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,z,d^+} : \underline{\quad 0.97 \quad} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d^-} : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

$$M_{z,d^+} : \underline{\quad 0.55 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d^-} : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,z} : \underline{\quad 562.50 \quad} \text{ cm}^3$$

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,z,d^+} : \underline{\quad 18.46 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d^-} : \underline{\quad 13.85 \quad} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**k<sub>mod</sub><sup>+</sup>** : 0.80

**k<sub>mod</sub><sup>-</sup>** : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase<sup>+</sup>** : Duración media

**Clase<sup>-</sup>** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>** : 30.00 MPa

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

**k<sub>h</sub>** : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_h = \min\left\{(150/h)^{0.2}; 1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h** : 150.00 mm

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

**η** : 0.033 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·G+1.5·QUSO.

Donde:

**τ<sub>d</sub>**: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

**τ<sub>y,d</sub>** : 0.08 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**V<sub>y,d</sub>** : 0.81 kN

**A**: Área de la sección transversal

**A** : 225.00 cm<sup>2</sup>

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

**k<sub>cr</sub>** : 0.67

**f<sub>v,d</sub>**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

**f<sub>v,d</sub>** : 2.46 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Duración media) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

**k<sub>mod</sub>** : 0.80

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

**f<sub>v,k</sub>** : 4.00 MPa

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub>** : 1.30

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

**η** : 0.049 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·G+1.5·QUSO+0.9·Qvp.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$\tau_{d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d} : \underline{0.14} \text{ MPa}$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d} : \underline{1.37} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal

$A : \underline{225.00} \text{ cm}^2$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr} : \underline{0.67}$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d} : \underline{2.77} \text{ MPa}$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{4.00} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.30}$

### **Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.112}$  ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.102}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.350 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·G+1.5·QUSO+0.9·Qvp.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y} : \underline{1.64} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z} : \underline{0.97} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{0.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y} : \underline{562.50} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{562.50} \text{ cm}^3$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : \underline{20.77} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{20.77} \text{ MPa}$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{30.00} \text{ MPa}$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.350 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP+G+0.5·Qvp.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{2.63} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi}^* : \underline{0.00} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d^+} : \underline{0.48} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : \underline{0.00} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{182.12} \quad \text{cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{40.43} \quad \text{MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase+** : Corta duración

**Clase-** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.08

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (150 / h_{fi})^{0.2} ; 1.3 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_{fi}$  : 103.00 mm

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.037 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.350 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP+G.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}$  : 1.52 MPa

$\sigma_{m,z,d,fi}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d+}$  : 0.28 kN·m

$M_{z,d-}$  : 0.00 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$  : 182.12 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$  : 40.43 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 30.00 MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.08

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza inferiores a 150 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (150 / h_{fi})^{0.2} ; 1.3 \right\}$$

Donde:

<b>h<sub>fi</sub>:</b> Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	<b>h<sub>fi</sub>:</b> <u>103.00</u> mm
<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub>:</b> <u>1.25</u>

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+G.

Donde:

**τ<sub>d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a cortante, dada por: **τ<sub>y,d,fi</sub>:** 0.09 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

<b>V<sub>d</sub>:</b> Cortante de cálculo	<b>V<sub>y,d</sub>:</b> <u>0.41</u> kN
<b>A<sub>fi</sub>:</b> Área de la sección transversal	<b>A<sub>fi</sub>:</b> <u>106.09</u> cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub>:</b> Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	<b>k<sub>cr</sub>:</b> <u>0.67</u>

**f<sub>v,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **f<sub>v,d,fi</sub>:** 5.00 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>f<sub>v,k</sub>:</b> Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub>:</b> <u>4.00</u> MPa
<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> <u>1.00</u>
<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub>:</b> <u>1.25</u>

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+G+0.5·Qvp.

Donde:

**τ<sub>d,fi</sub>:** Tensión de cálculo a cortante, dada por: **τ<sub>z,d,fi</sub>:** 0.15 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_e \cdot k}$$

Donde:

<b>V<sub>d</sub>:</b> Cortante de cálculo	<b>V<sub>z,d</sub>:</b> <u>0.71</u> kN
---	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>A<sub>fi</sub>:</b> Área de la sección transversal	<b>A<sub>fi</sub> :</b> <u>106.09</u> cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub>:</b> Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	<b>k<sub>cr</sub> :</b> <u>0.67</u>
<b>f<sub>v,d,fi</sub>:</b> Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	<b>f<sub>v,d,fi</sub> :</b> <u>5.00</u> MPa
$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$	
Donde:	
<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	<b>k<sub>mod,fi</sub> :</b> <u>1.00</u>
<b>f<sub>v,k</sub>:</b> Resistencia característica a cortante	<b>f<sub>v,k</sub> :</b> <u>4.00</u> MPa
<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub> :</b> <u>1.00</u>
<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub> :</b> <u>1.25</u>

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.091} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.083} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.350 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP+G+0.5·Qvp.

Donde:

<b>σ<sub>m,d,fi</sub>:</b> Tensión de cálculo a flexión, dada por:	<b>σ<sub>m,y,d,fi</sub> :</b> <u>2.63</u> MPa
	<b>σ<sub>m,z,d,fi</sub> :</b> <u>1.52</u> MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

<b>M<sub>d</sub>:</b> Momento flector de cálculo	<b>M<sub>y,d</sub> :</b> <u>0.48</u> kN·m
--	---

	<b>M<sub>z,d</sub> :</b> <u>0.28</u> kN·m
--	---

<b>W<sub>el,fi</sub>:</b> Módulo resistente elástico de la sección transversal	<b>W<sub>el,y,fi</sub> :</b> <u>182.12</u> cm <sup>3</sup>
--	--

	<b>W<sub>el,z,fi</sub> :</b> <u>182.12</u> cm <sup>3</sup>
--	--

<b>f<sub>m,d,fi</sub>:</b> Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	<b>f<sub>m,y,d,fi</sub> :</b> <u>40.43</u> MPa
	<b>f<sub>m,z,d,fi</sub> :</b> <u>40.43</u> MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

<b>k<sub>mod,fi</sub>:</b> Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	<b>k<sub>mod,fi</sub> :</b> <u>1.00</u>
--	---

<b>f<sub>m,k</sub>:</b> Resistencia característica a flexión	<b>f<sub>m,k</sub> :</b> <u>30.00</u> MPa
--	---

<b>k<sub>h,fi</sub>:</b> Factor de altura, dado por:	<b>k<sub>h,y,fi</sub> :</b> <u>1.08</u>
--	---

	<b>k<sub>h,z,fi</sub> :</b> <u>1.08</u>
--	---

<b>γ<sub>M,fi</sub>:</b> Coeficiente parcial para las propiedades del material	<b>γ<sub>M,fi</sub> :</b> <u>1.00</u>
--	---------------------------------------

<b>k<sub>fi</sub>:</b> Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	<b>k<sub>fi</sub> :</b> <u>1.25</u>
---	-------------------------------------

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m$  : 0.70

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	N.P.(2)	x: 1.35 m $\eta = 7.9$	x: 1.35 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 4.9$	N.P.(3)	x: 1.35 m $\eta = 11.2$	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 11.2$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (5) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
- (6) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	N.P.(1)	N.P.(2)	x: 1.35 m $\eta = 6.5$	x: 1.35 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.0$	N.P.(3)	x: 1.35 m $\eta = 9.1$	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	<b>CUMPLE</b> $\eta = 9.1$

Notación:

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

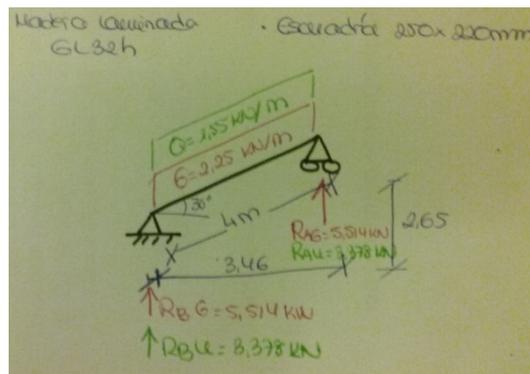
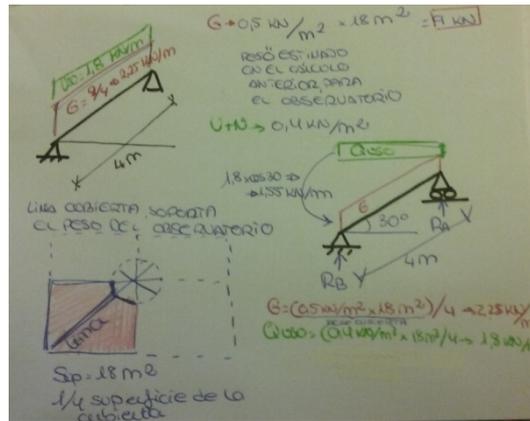
**Autor: Silvia Sartal García.**

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
- (5) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a flexión y compresión combinadas.
- (6) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**4.1.8 CÁLCULO LIMA DE CUBIERTA**

**4.1.8.1 Cálculos previos. Estimación aproximada de las cargas que actúan sobre la lima.**



**4.1.8.2 Datos de la obra**

**4.1.8.2.1 Normas consideradas**

Madera: CTE DB SE-M

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

**4.1.8.2.2 Estados límite**

E.L.U. de rotura. Madera	CTE
	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.8.2.2.1 Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

**- Con coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

**- Sin coeficientes de combinación**

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

- G<sub>k</sub> Acción permanente
- Q<sub>k</sub> Acción variable
- γ<sub>G</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- γ<sub>Q,1</sub> Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- γ<sub>Q,i</sub> Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- ψ<sub>p,1</sub> Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- ψ<sub>a,i</sub> Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M**

	<b>Persistente o transitoria</b>			
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

	<b>Persistente o transitoria (G1)</b>			
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ <sub>p</sub> )	Acompañamiento (ψ <sub>a</sub> )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000

**Desplazamientos**

**Característica**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

#### 4.1.8.2.2.2 Combinaciones

#### Nombres de las hipótesis

PP Peso propio  
 USO USO

#### E.L.U. de rotura. Madera

Comb.	PP	USO
1	0.800	
2	1.350	
3	0.800	1.500
4	1.350	1.500

#### Desplazamientos

Comb.	PP	USO
1	1.000	
2	1.000	1.000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.1.8.2.3 Resistencia al fuego

##### Perfiles de madera

Norma: CTE DB SI. Anejo E: Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Resistencia requerida: R30

#### 4.1.8.3 Estructura

##### 4.1.8.3.1 Geometría

##### 4.1.8.3.1.1 Nudos

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

$U_x, U_y, U_z$ : Vector director de la recta o vector normal al plano de dependencia

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.  
 -

Referencia	Nudos														
	Coordenadas			Vinculación exterior											Vinculación interior
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	Dependencias	$U_x$	$U_y$	$U_z$		
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	Empotrado	
N2	3.460	0.000	2.650	-	X	X	-	-	-	Recta	1.000	0.000	0.000	Empotrado	

##### 4.1.8.3.1.2 Barras

#### Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Tipo	Material	E(MPa)	$\nu$	G(MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m³)
	Designación					
Madera	GL32h	13700.00	7.059	850.00	0.000005	5.10

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Notación:

*E:* Módulo de elasticidad  
*v:* Módulo de Poisson  
*G:* Módulo de cortadura  
 $\alpha_t$ : Coeficiente de dilatación  
 $\gamma$ : Peso específico

### Descripción

Descripción									
Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designación								
Madera	GL32h	N1/N2	N1/N2	R 250x220 (R)	4.358	1.00	1.00	-	-

Notación:

*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final  
 $\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'  
 $\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'  
 Lb<sub>Sup.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala superior  
 Lb<sub>Inf.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala inferior

### Características mecánicas

#### Tipos de pieza

Ref.	Piezas
1	N1/N2

#### Características mecánicas

Material		Ref.	Descripción	A(cm <sup>2</sup> )	Avy(cm <sup>2</sup> )	Avz(cm <sup>2</sup> )	Iyy(cm <sup>4</sup> )	Izz(cm <sup>4</sup> )	It(cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Madera	GL32h	1	R 250x220, (R)	550.00	458.33	458.33	22183.33	28645.83	41769.20

Notación:

*Ref.:* Referencia  
*A:* Área de la sección transversal  
*Avy:* Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'  
*Avz:* Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'  
*Iyy:* Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'  
*Izz:* Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'  
*It:* Inercia a torsión  
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

### Tabla de medición

#### Tabla de medición

Material		Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud(m)	Volumen(m <sup>3</sup> )	Peso(kg)
Tipo	Designación					
Madera	GL32h	N1/N2	R 250x220 (R)	4.358	0.240	124.65

Notación:

*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resumen de medición**

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m³)	Serie(m³)	Material(m³)	Perfil(kg)	Serie(kg)	Material(kg)
		R	R 250x220	4.358			0.240			124.65		
		R		4.358			0.240			124.65		
Madera	GL32h					4.358		0.240				124.65

**Medición de superficies**

Madera: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m²/m)	Longitud(m)	Superficie(m²)
R	R 250x220	0.940	4.358	4.097
<b>Total</b>				<b>4.097</b>

**4.1.8.3.2 Cargas**

**4.1.8.3.2.1 Barras**

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

			Cargas en barras								
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición			Dirección			
			P1	P2	L1(m)	L2(m)	Ejes	X	Y	Z	
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.281	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	
N1/N2	Peso propio	Uniforme	2.250	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	
N1/N2	USO	Uniforme	1.550	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000	

#### 4.1.8.3.3 Resultados

##### 4.1.8.3.3.1 Nudos

Referencias:

Dx, Dy, Dz: Desplazamientos de los nudos en ejes globales.  
 Gx, Gy, Gz: Giros de los nudos en ejes globales.

#### Hipótesis

Desplazamientos de los nudos, por hipótesis								
Referencia	Descripción	Desplazamientos en ejes globales						
		Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)	
N1	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.000	2.280	0.000	
	USO	0.000	0.000	0.000	0.000	1.397	0.000	
N2	Peso propio	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.280	0.000	
	USO	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.397	0.000	

#### Combinaciones

Desplazamientos de los nudos, por combinación								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)
N1	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	0.000	2.280	0.000
		PP+USO	0.000	0.000	0.000	0.000	3.677	0.000
N2	Desplazamientos	PP	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.280	0.000
		PP+USO	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.677	0.000

#### Envoltentes

Envolvente de los desplazamientos en nudos									
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales						
	Tipo	Descripción	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Gx(mRad)	Gy(mRad)	Gz(mRad)	
N1	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	2.280	0.000	
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	3.677	0.000	
N2	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.677	0.000	
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.280	0.000	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Reacciones

Referencias:

Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).  
 Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

### Hipótesis

Reacciones en los nudos, por hipótesis							
Referencia	Descripción	Reacciones en ejes globales					
		Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)
N1	Peso propio	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00
	USO	0.000	0.000	3.378	0.00	0.00	0.00
N2	Peso propio	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00
	USO	0.000	0.000	3.378	0.00	0.00	0.00

### Combinaciones

Reacciones en los nudos, por combinación										
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales							
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)		
N1	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00		
		1.6-PP	0.000	0.000	8.823	0.00	0.00	0.00		
		PP+1.6-USO	0.000	0.000	10.919	0.00	0.00	0.00		
		1.6-PP+1.6-USO	0.000	0.000	14.227	0.00	0.00	0.00		
	Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00		
		PP+USO	0.000	0.000	8.892	0.00	0.00	0.00		
		N2	Hormigón en cimentaciones	PP	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00
				1.6-PP	0.000	0.000	8.823	0.00	0.00	0.00
PP+1.6-USO	0.000			0.000	10.919	0.00	0.00	0.00		
1.6-PP+1.6-USO	0.000			0.000	14.227	0.00	0.00	0.00		
Tensiones sobre el terreno	PP	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00			
	PP+USO	0.000	0.000	8.892	0.00	0.00	0.00			

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

### Envolventes

Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx(kN)	Ry(kN)	Rz(kN)	Mx(kN-m)	My(kN-m)	Mz(kN-m)
N1	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	14.227	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	8.892	0.00	0.00	0.00

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

N2	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	14.227	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	5.514	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	8.892	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

#### 4.1.8.3.3.2 Barras

##### Esfuerzos

Referencias:

- N: Esfuerzo axial (kN)
- Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
- Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
- Mt: Momento torsor (kN·m)
- My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
- Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

##### Hipótesis

Esfuerzos en barras, por hipótesis											
Barra	Hipótesis	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.545 m	1.090 m	1.634 m	2.179 m	2.724 m	3.269 m	3.813 m	4.358 m
N1/N2	Peso propio	N	-3.353	-2.515	-1.676	-0.838	0.000	0.838	1.677	2.515	3.353
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-4.378	-3.283	-2.189	-1.094	0.000	1.094	2.189	3.283	4.378
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	2.09	3.58	4.47	4.77	4.47	3.58	2.09	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USO	N	-2.054	-1.540	-1.027	-0.513	0.000	0.513	1.027	1.540	2.054
		Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz	-2.681	-2.011	-1.341	-0.670	0.000	0.670	1.341	2.011	2.682
		Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My	0.00	1.28	2.19	2.74	2.92	2.74	2.19	1.28	0.00
		Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

##### Combinaciones

Esfuerzos en barras, por combinación													
Barra	Combinación		Esfuerzo	Posiciones en la barra									
	Tipo	Descripción		0.000 m	0.545 m	1.090 m	1.634 m	2.179 m	2.724 m	3.269 m	3.813 m	4.358 m	
N1/N2	Madera	0.8-PP	N	-2.682	-2.012	-1.341	-0.671	0.000	0.671	1.341	2.012	2.682	
			Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			Vz	-3.502	-2.627	-1.751	-0.876	0.000	0.876	1.751	2.627	3.502	
			Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			My	0.00	1.67	2.86	3.58	3.82	3.58	2.86	1.67	0.00	
			Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	1.35-PP			N	-4.527	-3.395	-2.263	-1.132	0.000	1.132	2.263	3.395	4.527

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Vz	-5.910	-4.433	-2.955	-1.478	0.000	1.478	2.955	4.433	5.910	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	2.82	4.83	6.04	6.44	6.04	4.83	2.82	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.8-PP+1.5-USO	N	-5.763	-4.322	-2.882	-1.441	0.000	1.441	2.882	4.322	5.763	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-7.525	-5.643	-3.762	-1.881	0.000	1.881	3.762	5.643	7.525	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	3.59	6.15	7.69	8.20	7.69	6.15	3.59	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.35-PP+1.5-USO	N	-7.607	-5.705	-3.804	-1.902	0.000	1.902	3.804	5.705	7.607	
	Vy	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	Vz	-9.932	-7.449	-4.966	-2.483	0.000	2.483	4.966	7.449	9.932	
	Mt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	My	0.00	4.73	8.12	10.15	10.82	10.15	8.12	4.73	0.00	
	Mz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## Envoltentes

Envoltentes de los esfuerzos en barras												
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.545 m	1.090 m	1.634 m	2.179 m	2.724 m	3.269 m	3.813 m	4.358 m	
N1/N2	Madera	N <sub>min</sub>	-7.607	-5.705	-3.804	-1.902	0.000	0.671	1.341	2.012	2.682	
		N <sub>máx</sub>	-2.682	-2.012	-1.341	-0.671	0.000	1.902	3.804	5.705	7.607	
		Vy <sub>min</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy <sub>máx</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz <sub>min</sub>	-9.932	-7.449	-4.966	-2.483	0.000	0.876	1.751	2.627	3.502	
		Vz <sub>máx</sub>	-3.502	-2.627	-1.751	-0.876	0.000	2.483	4.966	7.449	9.932	
		Mt <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My <sub>min</sub>	0.00	1.67	2.86	3.58	3.82	3.58	2.86	1.67	0.00	
		My <sub>máx</sub>	0.00	4.73	8.12	10.15	10.82	10.15	8.12	4.73	0.00	
		Mz <sub>min</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz <sub>máx</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Resistencia

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

⇒ G: Sólo gravitatorias

⇒ GV: Gravitatorias + viento

⇒ GS: Gravitatorias + sismo

⇒ GVS: Gravitatorias + viento + sismo

η: Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

que  $\eta \leq 100 \%$ .

Comprobación de resistencia a temperatura ambiente										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	21.17	2.179	0.000	0.000	0.000	0.00	10.82	0.00	G	Cumple

Comprobación de resistencia en situación de incendio										
R. req. <sup>(1)</sup> : R30										
Barra	$\eta$ (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	13.55	2.179	0.000	0.000	0.000	0.00	4.77	0.00	G	Cumple

Notas:

<sup>(1)</sup> Resistencia requerida (periodo de tiempo, expresado en minutos, durante el cual un elemento estructural debe mantener su capacidad portante).

### Flechas

Referencias:

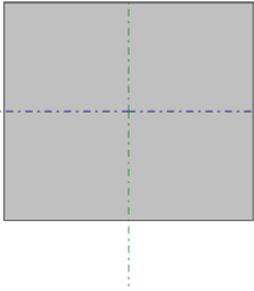
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta		Flecha máxima absoluta		Flecha activa absoluta		Flecha activa absoluta	
	xy	Flecha máxima relativa	xz	Flecha máxima relativa	xy	Flecha activa relativa	xz	Flecha activa relativa
	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)	Pos.(m)	Flecha(mm)
N1/N2	0.000	0.00	2.179	5.20	0.000	0.00	2.179	1.98
	-	L(>1000)	2.179	L/837.3	-	L(>1000)	2.179	L(>1000)

**Comprobaciones E.L.U. (Completo)**

Barra N1/N2

Perfil: R 250x220 Material: Madera (GL32h)							
	Nudos		Longitud(m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área(cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> ( <sup>1</sup> ) (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> ( <sup>2</sup> ) (cm <sup>4</sup> )
	N1	N2	4.358	550.00	22183.33	28645.83	41769.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.	
	β	1.00	1.00	0.00		0.00	
	L <sub>K</sub>	4.358	4.358	0.000		0.000	
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R30							

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 0.14 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,0,d</sub> : 7.61 kN

A: Área de la sección transversal

A : 550.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 17.68 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}$$

Donde:

k<sub>mod</sub>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k<sub>mod</sub> : 0.90

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.09

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600 / h)^{0.1} ; 1 \right\}$$

Donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**h:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción h : 250.00 mm  
**f<sub>t,0,k</sub>:** Resistencia característica a tracción paralela a la fibra f<sub>t,0,k</sub> : 22.50 MPa  
**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material γ<sub>M</sub> : 1.25

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

**σ<sub>c,0,d</sub>:** Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: σ<sub>c,0,d</sub> : 0.14 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

**N<sub>c,0,d</sub>:** Compresión axial de cálculo paralela a la fibra N<sub>c,0,d</sub> : 7.61 kN

**A:** Área de la sección transversal A : 550.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>c,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: f<sub>c,0,d</sub> : 20.88 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k<sub>mod</sub> : 0.90

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra f<sub>c,0,k</sub> : 29.00 MPa

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material γ<sub>M</sub> : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

**χ<sub>c</sub>:** Factor de inestabilidad, dado por: χ<sub>c,y</sub> : 0.67

$$\chi_{c,y} : \underline{0.67}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.78}$$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

Donde:

**β<sub>c</sub>:** Factor asociado a la rectitud de las piezas β<sub>c</sub> : 0.10

**λ<sub>rel</sub>:** Esbeltez relativa, dada por: λ<sub>rel,y</sub> : 1.12

$$\lambda_{rel,y} : \underline{1.12}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.98}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>:** Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  
**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  
**λ:** Esbeltez mecánica, dada por:

**E<sub>0,k</sub>:** 11100.00 MPa  
**f<sub>c,0,k</sub>:** 29.00 MPa  
**λ<sub>y</sub>:** 68.62  
**λ<sub>z</sub>:** 60.39

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

**L<sub>k</sub>:** Longitud de pandeo de la barra

**i:** Radio de giro

**L<sub>k,y</sub>:** 4358.22 mm  
**L<sub>k,z</sub>:** 4358.22 mm  
**i<sub>y</sub>:** 63.51 mm  
**i<sub>z</sub>:** 72.17 mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

**η:** 0.212 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.179 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

**σ<sub>m,d</sub>:** Tensión de cálculo a flexión, dada por:

**σ<sub>m,y,d</sub><sup>+</sup>:** 5.37 MPa  
**σ<sub>m,y,d</sub><sup>-</sup>:** 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d</sub><sup>+</sup>:** 10.82 kN·m  
**M<sub>y,d</sub><sup>-</sup>:** 0.00 kN·m

**W<sub>el</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>m,d</sub>:** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

**W<sub>el,y</sub>:** 2016.67 cm<sup>3</sup>  
**f<sub>m,y,d</sub><sup>+</sup>:** 25.34 MPa  
**f<sub>m,y,d</sub><sup>-</sup>:** 16.90 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**k<sub>mod</sub><sup>+</sup>:** 0.90  
**k<sub>mod</sub><sup>-</sup>:** 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase<sup>+</sup>:** Corta duración

**Clase<sup>-</sup>:** Permanente

Clase de servicio

**Clase:** 1

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

**f<sub>m,k</sub>:** 32.00 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1\right.$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_h$ : 1.10

$h$ : 220.00 mm

$\gamma_M$ : 1.25

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.148 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

$\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$ : 0.40 MPa

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_{z,d}|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_{z,d}$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d}$ : 9.93 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$ : 550.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$ : 0.67

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$ : 2.74 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$ : 0.90

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$ : 3.80 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$ : 1.25

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.7)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.209 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.147 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.451 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.02 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 0.95 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 550.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y}$  : 5.28 MPa

$\sigma_{m,z}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 10.65 kN·m

$M_{z,d}$  : 0.00 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2016.67 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 2291.67 cm<sup>3</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d}$  : 17.68 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} /$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.90

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.09

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600 / h)^{0.1}; 1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 250.00 mm

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$  : 22.50 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 25.34 MPa

$f_{m,z,d}$  : 25.15 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$k_{mod}$  : 0.90

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 32.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$  : 1.10

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$k_{h,z} : \underline{1.09}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1\right\}$$

Donde:

**h:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1\right\}$$

Donde:

**h:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{250.00} \text{ mm}$$

$\gamma_m$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_m : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.907 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·USO.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.208} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.210} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.147} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

**$N_{c,0,d}$ :** Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.95} \text{ kN}$$

**A:** Área de la sección transversal

$$A : \underline{550.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y} : \underline{5.28} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{10.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**W<sub>el</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{2016.67} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{2291.67} \text{ cm}^3$$

**f<sub>c,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{20.88} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{29.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**f<sub>m,d</sub>:** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{25.34} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{25.15} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{32.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>h</sub>:** Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.09}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1\right\}$$

Donde:

**h:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1\right\}$$

Donde:

**h:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{250.00} \text{ mm}$$

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**χ<sub>c</sub>:** Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y} : \underline{0.67}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.78}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi}$  : 0.11 MPa

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 3.35 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi}$  : 318.16 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi}$  : 28.46 MPa

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_{fi}$  : 194.00 mm

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$  : 22.50 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.008 ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$  : 0.11 MPa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\sigma_{c0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

**N<sub>c,0,d,fi</sub>:** Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

**A<sub>fi</sub>:** Área de la sección transversal

**f<sub>c,0,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

**χ<sub>c,fi</sub>:** Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3)) + \lambda$$

Donde:

**β<sub>c</sub>:** Factor asociado a la rectitud de las piezas

**λ<sub>rel,fi</sub>:** Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

**E<sub>0,k</sub>:** Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

**λ<sub>fi</sub>:** Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

**L<sub>k</sub>:** Longitud de pandeo de la barra

**i<sub>fi</sub>:** Radio de giro

<b>N<sub>c,0,d,fi</sub> :</b>	<u>3.35</u>	kN
<b>A<sub>fi</sub> :</b>	<u>318.16</u>	cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>c,0,d,fi</sub> :</b>	<u>33.35</u>	MPa

<b>k<sub>mod,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	
<b>f<sub>c,0,k</sub> :</b>	<u>29.00</u>	MPa
<b>γ<sub>M,fi</sub> :</b>	<u>1.00</u>	
<b>k<sub>fi</sub> :</b>	<u>1.15</u>	

<b>χ<sub>c,y,fi</sub> :</b>	<u>0.41</u>	
<b>χ<sub>c,z,fi</sub> :</b>	<u>0.55</u>	

<b>k<sub>y,fi</sub> :</b>	<u>1.68</u>	
<b>k<sub>z,fi</sub> :</b>	<u>1.35</u>	

<b>β<sub>c</sub> :</b>	<u>0.10</u>	
<b>λ<sub>rel,y,fi</sub> :</b>	<u>1.50</u>	
<b>λ<sub>rel,z,fi</sub> :</b>	<u>1.27</u>	

<b>E<sub>0,k</sub> :</b>	<u>11100.00</u>	MPa
<b>f<sub>c,0,k</sub> :</b>	<u>29.00</u>	MPa

<b>k<sub>fi</sub> :</b>	<u>1.15</u>	
<b>λ<sub>y,fi</sub> :</b>	<u>92.06</u>	
<b>λ<sub>z,fi</sub> :</b>	<u>77.82</u>	

<b>L<sub>k,y</sub> :</b>	<u>4358.22</u>	mm
<b>L<sub>k,z</sub> :</b>	<u>4358.22</u>	mm
<b>i<sub>y,fi</sub> :</b>	<u>47.34</u>	mm
<b>i<sub>z,fi</sub> :</b>	<u>56.00</u>	mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.135 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.179 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje y es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje z.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$  : 5.48 MPa

$\sigma_{m,z,d,fi}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d^+}$  : 4.77 kN·m

$M_{y,d^-}$  : 0.00 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$  : 869.64 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$  : 40.48 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Permanente

Clase de servicio

**Clase** : 1

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 32.00 MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_{fi}$  : 164.00 mm

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.070 ✓

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.31} \text{ MPa}$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{z,d} : \underline{4.38} \text{ kN}$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{318.16} \text{ cm}^2$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr} : \underline{0.67}$

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi} : \underline{4.37} \text{ MPa}$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{3.80} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.15}$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.134} \checkmark$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.094} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.451 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi} : \underline{0.01} \text{ MPa}$

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d} : \underline{0.42} \text{ kN}$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{318.16} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{5.40} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{4.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**W<sub>el,fi</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{869.64} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{1028.72} \text{ cm}^3$$

**f<sub>t,0,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d,fi} : \underline{28.46} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

**k<sub>h,fi</sub>:** Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \underline{1.10}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{194.00} \text{ mm}$$

**f<sub>t,0,k</sub>:** Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{22.50} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

**f<sub>m,d,fi</sub>:** Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{40.48} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{40.48} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>:** Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

**f<sub>m,k</sub>:** Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{32.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>h,fi</sub>:** Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{164.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{194.00} \text{ mm}$$

**γ<sub>M,fi</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

**k<sub>fi</sub>:** Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.907 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.133} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.093} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.134} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.094} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.01} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$N_{c,0,d,fi} : \underline{0.42} \text{ kN}$

$A_{fi} : \underline{318.16} \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{5.40} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{4.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{869.64} \text{ cm}^3$

$W_{el,z,fi} : \underline{1028.72} \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi} : \underline{33.35} \text{ MPa}$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{29.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.15}$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi} : \underline{40.48} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d,fi} : \underline{40.48} \text{ MPa}$

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} /$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>**: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**k<sub>h,fi</sub>**: Factor de altura, dado por:

$$k_{mod,fi} : \frac{1.00}{}$$

$$f_{m,k} : \frac{32.00}{\text{MPa}}$$

$$k_{h,y,fi} : \frac{1.10}{}$$

$$k_{h,z,fi} : \frac{1.10}{}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \frac{164.00}{\text{mm}}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \frac{194.00}{\text{mm}}$$

**γ<sub>M,fi</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \frac{1.00}{}$$

**k<sub>fi</sub>**: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \frac{1.15}{}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \frac{0.70}{}$$

**χ<sub>c,fi</sub>**: Factor de inestabilidad

$$\chi_{c,y,fi} : \frac{0.41}{}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \frac{0.55}{}$$

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE										Estado	
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>		M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>
N1/N2	x: 4.358 m η = 0.8	x: 0 m η = 1.0	x: 2.179 m η = 21.2	N.P.(1)	N.P.(2)	x: 0 m η = 14.8	N.P.(3)	N.P.(4)	x: 2.451 m η = 20.9	x: 1.907 m η = 21.0	N.P.(5)	<b>CUMPLE</b> <b>η = 21.2</b>

Notación:

- N<sub>t,0,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- N<sub>c,0,d</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- M<sub>y,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y
- M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje z
- V<sub>y,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje y
- V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje z
- M<sub>x,d</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión esviada
- N<sub>t,0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- N<sub>c,0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- M<sub>x,d</sub>V<sub>y,d</sub>V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- (5) La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N1/N2	x: 4.358 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 2.179 m $\eta = 13.5$	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.0$	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 2.451 m $\eta = 13.4$	x: 1.907 m $\eta = 13.4$	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 13.5$

**Notación:**

- $N_{t,0,d}$ : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- $N_{c,0,d}$ : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- $M_{y,d}$ : Resistencia a flexión en el eje y
- $M_{z,d}$ : Resistencia a flexión en el eje z
- $V_{y,d}$ : Resistencia a cortante en el eje y
- $V_{z,d}$ : Resistencia a cortante en el eje z
- $M_{x,d}$ : Resistencia a torsión
- $M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión esviada
- $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$ : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$ : Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión esviada para ninguna combinación.
- <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"

**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra

**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 4-2 SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD

## **SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD**

### **INDICE**

4.2)	<b><u>SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD</u></b>	<b>Pág. 400</b>
4.2.1)	<b><u>SEGURIDAD FRENTE AL RIEGO DE CAÍDAS</u></b>	<b>Pág. 400</b>
4.2.1.1)	Resbaladidad de los suelos	Pág. 400
4.2.1.2)	Discontinuidades en el pavimento	Pág. 400
4.2.1.3)	Desniveles	Pág. 400
4.2.1.3.1)	Protección de los desniveles	Pág. 400
4.2.1.4)	Rampas y escaleras	Pág. 401
4.2.1.4.1)	Escaleras	Pág. 401
4.2.1.4.2)	Rampas	Pág. 401
4.2.2)	<b><u>SEGURIDAD FRENTE A RIESGO DE IMPACTO O ATRAPAMIENTO</u></b>	<b>Pág. 402</b>
4.2.2.1)	Impacto	Pág. 402
4.2.2.1.1)	Con elementos fijos	Pág. 402
4.2.2.1.2)	Con elementos frágiles	Pág. 402
4.2.2.2)	Atrapamiento	Pág. 403
4.2.3)	<b><u>SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA</u></b>	<b>Pág. 403</b>
4.2.4)	<b><u>SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOGAMIENTO</u></b>	<b>Pág. 403</b>
4.2.5)	<b><u>ACCESIBILIDAD</u></b>	<b>Pág. 403</b>
4.2.5.1)	Condiciones de accesibilidad	Pág. 403
4.2.5.1.1)	Accesibilidad en el exterior del edificio	Pág. 404
4.2.5.1.2)	Accesibilidad entre plantas del edificio	Pág. 404
4.2.6)	<b><u>Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo. SUA-8.</u></b>	<b>Pág. 404</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 4.2 SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD

### 4.2.1 SEGURIDAD FRENTE AL RIEGO DE CAÍDA

#### 4.2.1.1 Resbaladidad de los suelos

Los suelos se clasifican, en función de su valor de resistencia al deslizamiento  $R_d$ , de acuerdo con lo establecido en la tabla siguiente:

Resistencia al deslizamiento $R_d$	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

El valor de resistencia al deslizamiento  $R_d$  se determina mediante el ensayo del péndulo descrito en el Anejo A de la norma UNE-ENV 12633:2003 empleando la escala C en probetas sin desgaste acelerado.

La muestra seleccionada será representativa de las condiciones más desfavorables de resbaladidad. La tabla 1.2 indica la clase que deben tener los suelos, como mínimo, en función de su localización. Dicha clase se mantendrá durante la vida útil del pavimento.

**Tabla 1.2 Clase exigible a los suelos en función de su localización**

Localización y características del suelo	Clase
<b>Zonas interiores secas</b>	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
<b>Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior <sup>(1)</sup>, terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc.</b>	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
<b>Zonas exteriores. Piscinas <sup>(2)</sup>. Duchas.</b>	3

#### 4.2.1.2 Discontinuidades en el pavimento

En residencial de viviendas el suelo debe cumplir las condiciones siguientes:

a) No tendrá juntas que presenten un resalto de más de 4 mm. Los elementos salientes del nivel del pavimento, puntuales y de pequeña dimensión (por ejemplo, los cerraderos de puertas) no deben sobresalir del pavimento más de 12 mm y el saliente que exceda de 6 mm en sus caras enfrentadas al sentido de circulación de las personas no debe formar un ángulo con el pavimento que exceda de 45°.

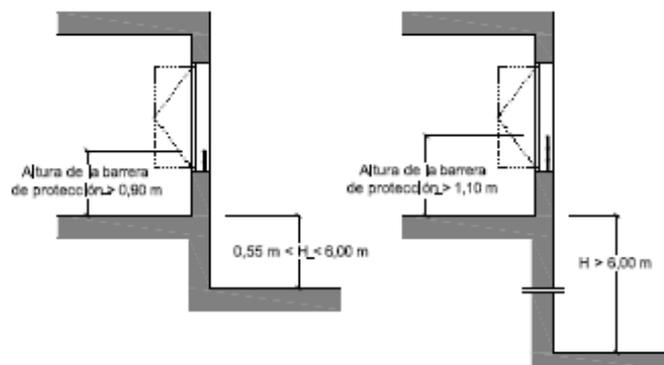
b) Los desniveles que no excedan de 5 cm se resolverán con una pendiente que no exceda el 25%;

c) En zonas para circulación de personas, el suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 1,5 cm de diámetro.

#### 4.2.1.3 Desniveles

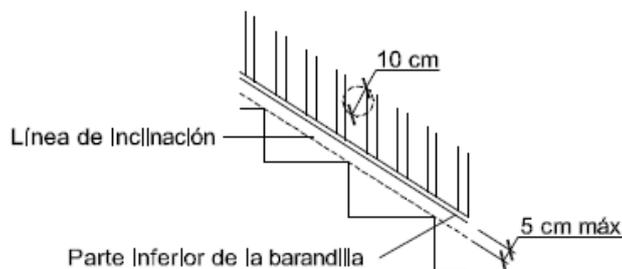
##### 4.2.1.3.1 Protección de los desniveles

No existen desniveles de más de 55 cm. que exijan la disposición de barreras de protección. No existe riesgo de caídas en ventanas, todas ellas con barreras de protección en la carpintería de altura inferior a 90 cm.



**Figura 3.1** Barreras de protección en ventanas.

La barandilla de la escalera será de 90 cm. de altura medida desde la línea de inclinación definida por los vértices de los peldaños. Por su diseño constructivo no tiene puntos de apoyo que permita ser escalable, no tiene aberturas que permitan el paso de una esfera de  $\varnothing 10$  cm., y el barandal inferior está a una distancia máxima de 5 cm. de la línea de inclinación de la escalera.



**Figura 3.2** Línea de inclinación y parte inferior de la barandilla

#### 4.2.1.4 Rampas y escaleras

##### 4.2.1.4.1 Escaleras

La escalera proyectada se considera de uso restringido (no público). Sus características son las siguientes:

1. La anchura de tramo = 0,80 m, como mínimo.
2. La contrahuella de 20 cm, como máximo, y la huella de 22 cm, como mínimo.
3. Mesetas de tramos partidos con peldaño a  $45^\circ$
4. Se admiten escalones sin tabica

##### 4.2.1.4.2 Rampas

Los itinerarios con pendiente  $> 4\%$  se considera rampa.

Las viviendas unifamiliares deben satisfacer la pendiente máxima que se establece en el apartado 4.3.1. Del DB SUA 1.

#### **Pendientes**

Las rampas tendrán una pendiente del 12%, como máximo, excepto:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

a) Las que pertenezcan a *itinerarios accesibles*, cuya pendiente será, como máximo, del 10% cuando su longitud sea menor que 3 m, del 8% cuando la longitud sea menor que 6 m y del 6% en el resto de los casos. Si la rampa es curva, la pendiente longitudinal máxima se medirá en el lado más desfavorable.

#### **Tramos:**

- 1) Los tramos tendrán una longitud de 15 m como máximo salvo los que pertenecen a itinerarios accesibles serán de 9m como máximo.
- 2) La anchura de los tramos estará libre de obstáculos, y se medirá entre paredes de protección sin descontar el espacio ocupado por los obstáculos.
- 3) Si la rampa pertenece a un itinerario accesible, los tramos serán rectos o con un radio de curvatura de al menos 30 m y de una anchura de 1,20 m, como mínimo. Asimismo, dispondrán de una superficie horizontal al principio y al final del tramo con una longitud de 1,20 m en la dirección de la rampa como mínimo.

#### **Mesetas**

1) Las dispuestas entre los tramos de una rampa con la misma dirección tendrán al menos la anchura de la rampa y una longitud, medida en su eje, de 1,50 m como mínimo.

2) Anchura de pasillos de 1,20 m.

3) La distancia de la puerta al arranque del tramo será de 1,50 m como mínimo.

### **4.2.2 SEGURIDAD FRENTE A RIESGO DE IMPACTO O ATRAPAMIENTO**

Se limitará el riesgo de que los usuarios puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o practicables del edificio.

#### **4.2.2.1 Impacto**

##### **4.2.2.1.1 Con elementos fijos**

Zonas de circulación

Altura libre de circulación  $H \geq 2,10$  m.

Altura en los umbrales de puertas  $H \geq 2$  m

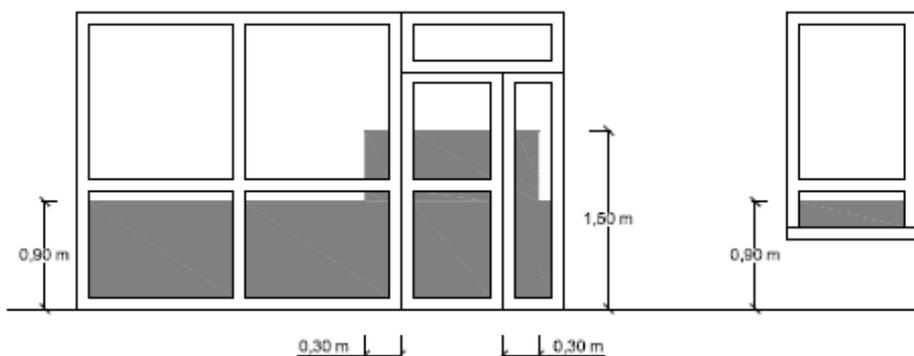
No existen elementos fijos que sobresalgan de la fachada

##### **4.2.2.1.2 Con elementos frágiles**

Los vidrios existentes en las áreas con riesgo de impacto según el apartado 2 de este apartado tendrán una clasificación X (Y) Z determinada según la norma UNE EN 12600:2003 cuyos parámetros cumplan lo que se establece en la tabla 1.1, se excluyen los vidrios cuya dimensión no exceda de 30 cm.

Las superficies acristaladas situadas en las áreas con riesgo de impacto dispondrán de un acristalamiento laminado que resiste sin romper un **impacto nivel 2**.

Las partes vidriadas de puertas, cerramientos de duchas y bañeras dispondrán de un acristalamiento laminado o templado que resiste sin romper un **impacto nivel 3**.



**Figura 1.2** Identificación de áreas con riesgo de impacto

#### 4.2.2.2 Atrapamiento

Las puertas correderas de accionamiento manual, incluidos sus mecanismos de apertura y cierre, la distancia a hasta el objeto fijo más próximo será 20 cm, como mínimo.

#### 4.2.3 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA

Se limitará el riesgo de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los edificios, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.

##### **Alumbrado normal**

Una iluminancia mínima de 20 lux en zonas exteriores y de 100 lux en zonas interiores, excepto aparcamientos interiores en donde será de 50 lux, medida a nivel del suelo.

El factor de uniformidad media será del 40% como mínimo.

##### **Alumbrado de emergencia**

No se dispondrá alumbrado de emergencia

#### 4.2.4 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE AHOGAMIENTO

No aplicable. Este apartado está indicado para piscinas de uso colectivo.

#### 4.2.5 ACCESIBILIDAD

##### 4.2.5.1 Condiciones de accesibilidad

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles que se establecen a continuación.

Para las viviendas unifamiliares las condiciones de accesibilidad únicamente son exigibles en aquellos que deban ser.

#### 4.2.5.1.1. Accesibilidad en el exterior del edificio

La parcela tendrá al menos un itinerario accesible que comunique una de las entradas principales del edificio.

#### 4.2.5.1.2. Accesibilidad entre plantas del edificio

Para uso residencial de viviendas es aplicable para viviendas que salvan más de dos plantas.

#### 4.2.6 Exigencia básica SUA-8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo

### PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos ( $N_e$ ) sea mayor que el riesgo admisible ( $N_a$ ), excepto cuando la eficiencia 'E' este comprendida entre 0 y 0.8.

#### 1.1.- Cálculo de la frecuencia esperada de impactos ( $N_e$ )

$$N_e = N_g A_e C_1 10^{-6}$$

siendo

⇒  $N_g$ : Densidad de impactos sobre el terreno (impactos/año, km<sup>2</sup>).

⇒  $A_e$ : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m<sup>2</sup>.

⇒  $C_1$ : Coeficiente relacionado con el entorno.

$N_g$  (Vilagarcía de Arousa) = 1.50 impactos/año, km<sup>2</sup>

$A_e$  = 6764.53 m<sup>2</sup>

$C_1$  (aislado) = 1.00

$N_e$  = 0.0101 impactos/año

#### 1.2.- Cálculo del riesgo admisible ( $N_a$ )

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 C_3 C_4 C_5} 10^{-3}$$

siendo

⇒  $C_2$ : Coeficiente en función del tipo de construcción.

⇒  $C_3$ : Coeficiente en función del contenido del edificio.

⇒  $C_4$ : Coeficiente en función del uso del edificio.

⇒  $C_5$ : Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio.

$C_2$  (estructura de hormigón/cubierta de hormigón) = 1.00

$C_3$  (otros contenidos) = 1.00

$C_4$  (resto de edificios) = 1.00

$C_5$  (resto de edificios) = 1.00

$N_a$  = 0.0055 impactos/año

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## Verificación

Altura del edificio = 8.8 m <= 43.0 m

$N_e = 0.0101 > N_a = 0.0055$  impactos/año

## DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### Nivel de protección

Conforme a lo establecido en el apartado anterior, se determina que no es necesario disponer una instalación de protección contra el rayo. El valor mínimo de la eficiencia 'E' de dicha instalación se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e}$$

$N_a = 0.0055$  impactos/año

$N_e = 0.0101$  impactos/año

$E = 0.458$

Como:

$0 <= 0.458 < 0.80$

Nivel de protección: IV

No es necesario instalar un sistema de protección contra el rayo

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 4-3 SALUBRIDAD

## **SALUBRIDAD**

### **INDICE**

<b>4.3) <u>SALUBRIDAD</u></b>	<b>Pág. 410</b>
<b>4.3.1) <u>HS1: PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD</u></b>	<b>Pág. 410</b>
4.3.1.1) SUELOS	Pág. 410
4.3.1.1.1) Grado de impermeabilidad	Pág. 410
4.3.1.1.2) Condiciones de las soluciones constructivas	Pág. 410
4.3.1.1.3) Puntos singulares de los suelos	Pág. 410
4.3.1.2) FACHADAS Y MEDIANERAS DESCUBIERTAS	Pág. 411
4.3.1.2.1) Grado de impermeabilidad	Pág. 411
4.3.1.2.2) Condiciones de las soluciones constructivas	Pág. 411
4.3.1.2.3) Puntos singulares de las fachadas	Pág. 412
4.3.1.3) CUBIERTAS INCLINADAS	Pág. 416
4.3.1.3.1) Condiciones de las soluciones constructivas	Pág. 416
4.3.1.3.2) Puntos singulares de las cubiertas	Pág. 418
<b>4.3.2) <u>HS2: RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS</u></b>	<b>Pág. 421</b>
<b>4.3.3) <u>HS3: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR</u></b>	<b>Pág. 422</b>
4.3.3.1) Memoria descriptiva	Pág. 422
4.3.3.1.1) Objeto del proyecto	Pág. 422
4.3.3.1.2) Emplazamiento	Pág. 422
4.3.3.1.3) Legislación aplicable	Pág. 422
4.3.3.1.4) Descripción de la instalación	Pág. 422
4.3.3.1.4.1) Descripción general	Pág. 422
4.3.3.2) Cálculos	Pág. 423
4.3.3.2.1) Bases de cálculo	Pág. 423
4.3.3.2.1.1) Caudales de ventilación exigidos	Pág. 423
4.3.3.2.1.2) Redes de conductos en garaje	Pág. 423
4.3.3.2.1.3) Aberturas de ventilación	Pág. 423
4.3.3.2.1.4) Conductos de extracción	Pág. 424
4.3.3.2.1.4.1) Conductos de extracción para ventilación híbrida	Pág. 424
4.3.3.2.1.4.2) Conductos de extracción para ventilación mecánica	Pág. 425
4.3.3.2.1.5) Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores	Pág. 426
4.3.3.2.1.6) Ventanas y puertas exteriores	Pág. 426
4.3.3.2.2) Dimensionado	Pág. 426
4.3.3.2.2.1) Aberturas de ventilación	Pág. 426
4.3.3.2.2.1.1) Viviendas	Pág. 426

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

4.3.3.2.2.1.1.1)	Ventilación híbrida	Pág. 426
4.3.3.2.2.2)	Conductos de ventilación	Pág. 429
4.3.3.2.2.2.1)	Viviendas	Pág. 429
4.3.3.2.2.2.1.1)	Ventilación híbrida	Pág. 429
4.3.3.2.2.2.1.1.1)	Conductos de extracción	Pág. 429
4.3.3.2.2.3)	Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores	Pág. 430
4.3.3.2.2.3.1)	Viviendas	Pág. 430
4.3.3.2.2.3.1.1)	Ventilación híbrida	Pág. 430
4.3.4)	<b>HS4: SUMINISTRO DE AGUA</b>	<b>Pág. 430</b>
4.3.4.1)	Memoria descriptiva	Pág. 430
4.3.4.1.1)	Objeto del proyecto	Pág. 430
4.3.4.1.2)	Emplazamiento	Pág. 430
4.3.4.1.3)	Legislación aplicable	Pág. 430
4.3.4.1.4)	Descripción de la instalación	Pág. 430
4.3.4.1.4.1)	Descripción general	Pág. 430
4.3.4.1.5)	Características de la instalación	Pág. 430
4.3.4.1.5.1)	Acometidas	Pág. 430
4.3.4.1.5.2)	Tubos de alimentación	Pág. 431
4.3.4.1.5.3)	Instalaciones particulares	Pág. 431
4.3.4.2)	Cálculos	Pág. 431
4.3.4.2.1)	Bases de cálculo	Pág. 431
4.3.4.2.1.1)	Redes de distribución	Pág. 431
4.3.4.2.1.1.1)	Condiciones mínimas de suministro	Pág. 431
4.3.4.2.1.1.2)	Tramos	Pág. 432
4.3.4.2.1.1.3)	Comprobación de la presión	Pág. 433
4.3.4.2.1.2)	Derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace	Pág. 433
4.3.4.2.1.3)	Redes de A.C.S	<b>Pág. 435</b>
4.3.4.2.1.3.1)	Redes de impulsión	Pág. 435
4.3.4.2.1.3.2)	Redes de retorno	Pág. 435
4.3.4.2.1.3.3)	Aislamiento térmico	Pág. 435
4.3.4.2.1.3.4)	Dilatadores	Pág. 435
4.3.4.2.1.4)	Equipos, elementos y dispositivos de la instalación	Pág. 436
4.3.4.2.1.4.1)	Contadores	Pág. 436
4.3.4.2.2)	Dimensionado	Pág. 436
4.3.4.2.2.1)	Acometidas	Pág. 436
4.3.4.2.2.2)	Tubos de alimentación	Pág. 436
4.3.4.2.2.3)	Instalaciones particulares	Pág. 437

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

4.3.4.2.2.3.1)	Instalaciones particulares	Pág. 437
4.3.4.2.2.3.2)	Producción de A.C.S	Pág. 437
4.3.4.2.2.3.3)	Bombas de circulación	Pág. 438
4.3.4.2.2.4)	Aislamiento térmico	Pág. 438
4.3.5)	<b><u>HS5: EACUACIÓN DE AGUAS</u></b>	<b>Pág. 439</b>
4.3.5.1)	Memoria descriptiva	Pág. 439
4.3.5.1.1)	Objeto del proyecto	Pág. 439
4.3.5.1.2)	Emplazamiento	Pág. 439
4.3.5.1.3)	Legislación aplicable	Pág. 439
4.3.5.1.4)	Descripción de la instalación	Pág. 439
4.3.5.1.4.1)	Descripción general	Pág. 439
4.3.5.1.5)	Características de la instalación	Pág. 439
4.3.5.1.5.1)	Tuberías para aguas residuales	Pág. 439
4.3.5.1.5.1.1)	Red de pequeña evacuación	Pág. 439
4.3.5.1.5.1.2)	Bajantes	Pág. 439
4.3.5.1.5.1.3)	Colectores	Pág. 439
4.3.5.1.5.1.4)	Acometida	Pág. 440
4.3.5.1.5.2)	Tuberías para aguas pluviales	Pág. 440
4.3.5.1.5.2.1)	Red de pequeña evacuación	Pág. 440
4.3.5.1.5.2.2)	Bajantes	Pág. 440
4.3.5.1.5.2.3)	Colectores	Pág. 440
4.3.5.1.5.2.4)	Acometida	Pág. 440
4.3.5.2)	Cálculos	Pág. 440
4.3.5.2.1)	Bases de cálculo	Pág. 440
4.3.5.2.1.1)	Red de aguas residuales	Pág. 440
4.3.5.2.1.2)	Red de aguas pluviales	Pág. 443
4.3.5.2.1.3)	Redes de ventilación	Pág. 444
4.3.5.2.1.4)	Sistemas de bombeo y elevación	Pág. 444
4.3.5.2.1.5)	Dimensionamiento hidráulico	Pág. 445
4.3.5.2.2)	Dimensionado	Pág. 447
4.3.5.2.2.1)	Red de aguas residuales	Pág. 447
4.3.5.2.2.2)	Red de aguas pluviales	Pág. 449
4.3.5.2.2.3)	Sistemas de bombeo y elevación	Pág. 451

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 4.3 SALUBRIDAD

### 4.3.1 HS1: PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD

#### 4.3.1.1 Suelos

##### 4.3.1.1.1. Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno se obtiene mediante la tabla 2.3 de CTE DB HS 1, en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

La presencia de agua depende de la posición relativa de cada suelo en contacto con el terreno respecto al nivel freático.

Coeficiente de permeabilidad del terreno:  $K_s: 1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}^{(1)}$

Notas:

<sup>(1)</sup> Este dato se obtiene del informe geotécnico.

##### 4.3.1.1.2. Condiciones de las soluciones constructivas

#### Solera tipo Caviti

C2

Solera tipo Caviti compuesta por grava

Presencia de agua: **Baja**  
Grado de impermeabilidad: **2<sup>(1)</sup>**  
Tipo de suelo: **Suelo elevado<sup>(2)</sup>**  
Tipo de intervención en el terreno: **Subbase<sup>(3)</sup>**

Notas:

<sup>(1)</sup> Este dato se obtiene de la tabla 2.3, apartado 2.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad.

<sup>(2)</sup> Suelo situado en la base del edificio en el que la relación entre la suma de la superficie de contacto con el terreno y la de apoyo, y la superficie del suelo es inferior a 1/7.

<sup>(3)</sup> Capa de bentonita de sodio sobre hormigón de limpieza dispuesta debajo del suelo.

Constitución del suelo:

C2 Cuando el suelo se construya in situ debe utilizarse hormigón de retracción moderada.

##### 4.3.1.1.3. Puntos singulares de los suelos

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

Encuentros del suelo con los muros:

- En los casos establecidos en la tabla 2.4 de DB HS 1 Protección frente a la humedad, el encuentro debe realizarse de la forma detallada a continuación.
- Cuando el suelo y el muro sean hormigonados in situ, excepto en el caso de muros pantalla, debe sellarse la junta entre ambos con una banda elástica embebida en la masa del hormigón a ambos lados de la junta.

Encuentros entre suelos y particiones interiores:

- Cuando el suelo se impermeabilice por el interior, la partición no debe apoyarse sobre la capa de impermeabilización, sino sobre la capa de protección de la misma.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.3.1.2. FACHADAS Y MEDIANERAS DESCUBIERTAS

##### 4.3.1.2.1. Grado de impermeabilidad

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas se obtiene de la tabla 2.5 de CTE DB HS 1, en función de la zona pluviométrica de promedios y del grado de exposición al viento correspondientes al lugar de ubicación del edificio, según las tablas 2.6 y 2.7 de CTE DB HS 1.

Clase del entorno en el que está situado el edificio: **E1**<sup>(1)</sup>  
Zona pluviométrica de promedios: **II**<sup>(2)</sup>  
Altura de coronación del edificio sobre el terreno: **13.0 m**<sup>(3)</sup>  
Zona eólica: **B**<sup>(4)</sup>  
Grado de exposición al viento: **V3**<sup>(5)</sup>  
Grado de impermeabilidad: **4**<sup>(6)</sup>

Notas:

<sup>(1)</sup> Clase de entorno del edificio E1 (Terreno tipo IV: Zona urbana, industrial o forestal).

<sup>(2)</sup> Este dato se obtiene de la figura 2.4, apartado 2.3 de DB HS 1 Protección frente a la humedad.

<sup>(3)</sup> Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en DB SE-AE.

<sup>(4)</sup> Este dato se obtiene de la figura 2.5, apartado 2.3 de HS1, CTE.

<sup>(5)</sup> Este dato se obtiene de la tabla 2.6, apartado 2.3 de HS1, CTE.

<sup>(6)</sup> Este dato se obtiene de la tabla 2.5, apartado 2.3 de HS1, CTE.

##### 4.3.1.2.2. Condiciones de las soluciones constructivas

**Muro de mampostería de granito e=70 cm**

**B2+C2+H1+J1+N1**

Muro de mampostería de granito de 70 cm de espesor trasdosado por placas de cartón yeso

Revestimiento exterior: **No**

Grado de impermeabilidad alcanzado: **4 (B2+C2+H1+J1+N1, Tabla 2.7, CTE DB HS1)**

Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua:

B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- Cámara de aire sin ventilar y aislante no hidrófilo dispuestos por el interior de la hoja principal, estando la cámara por el lado exterior del aislante;
- Aislante no hidrófilo dispuesto por el exterior de la hoja principal.

Composición de la hoja principal:

C2 Debe utilizarse una hoja principal de espesor alto. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:

- 1 pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente;
- 24 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

Higroscopicidad del material componente de la hoja principal:

H1 Debe utilizarse un material de higroscopicidad baja, que corresponde a una fábrica de:

- Ladrillo cerámico de succión  $\leq 4,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ , según el ensayo descrito en UNE EN 772-11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006;
- Piedra natural de absorción  $\leq 2 \%$ , según el ensayo descrito en UNE-EN 13755:2002.

Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

J1 Las juntas deben ser al menos de resistencia media a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;

Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal:

N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.

#### 4.3.1.2.3. Puntos singulares de las fachadas

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, así como las de continuidad o discontinuidad relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

Juntas de dilatación:

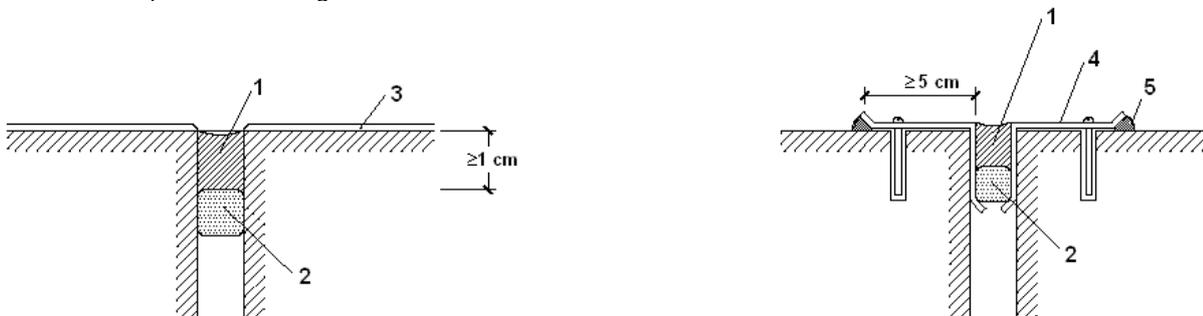
Deben disponerse juntas de dilatación en la hoja principal de tal forma que cada junta estructural coincida con una de ellas y que la distancia entre juntas de dilatación contiguas sea como máximo la que figura en la tabla 2.1 Distancia entre juntas de movimiento de fábricas sustentadas de DB SE-F Seguridad estructural: Fábrica.

**Distancia entre juntas de movimiento de fábricas sustentadas**

Tipo de fábrica	Distancia entre las juntas (m)
de piedra natural	30
de piezas de hormigón celular en autoclave	22
de piezas de hormigón ordinario	20
de piedra artificial	20
de piezas de árido ligero (excepto piedra pómez o arcilla expandida)	20
de piezas de hormigón ligero de piedra pómez o arcilla expandida	15

- En las juntas de dilatación de la hoja principal debe colocarse un sellante sobre un relleno introducido en la junta. Deben emplearse rellenos y sellantes de materiales que tengan una elasticidad y una adherencia suficientes para absorber los movimientos de la hoja previstos y que sean impermeables y resistentes a los agentes atmosféricos. La profundidad del sellante debe ser mayor o igual que 1 cm y la relación entre su espesor y su anchura debe estar comprendida entre 0,5 y 2. En fachadas enfoscadas debe enrasarse con el paramento de la hoja principal sin enfoscar. Cuando se utilicen chapas metálicas en las juntas de dilatación, deben disponerse las mismas de tal forma que éstas cubran a ambos lados de la junta una banda de muro de 5 cm como mínimo y cada chapa debe fijarse mecánicamente en dicha banda y sellarse su extremo correspondiente (véase la siguiente figura).

El revestimiento exterior debe estar provisto de juntas de dilatación de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea suficiente para evitar su agrietamiento.



- 1. Sellante
- 2. Relleno

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

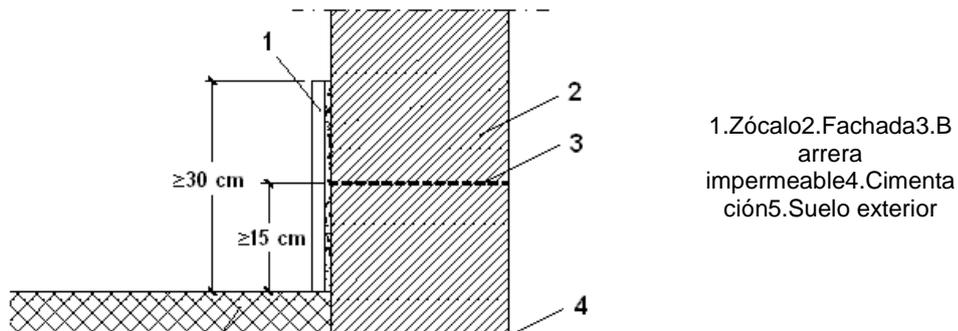
**Autor:** Silvia Sartal García.

3. Enfoscado
4. Chapa metálica
5. Sellado

Arranque de la fachada desde la cimentación:

- Debe disponerse una barrera impermeable que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad o adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.

Cuando la fachada esté constituida por un material poroso o tenga un revestimiento poroso, para protegerla de las salpicaduras, debe disponerse un zócalo de un material cuyo coeficiente de succión sea menor que el 3%, de más de 30 cm de altura sobre el nivel del suelo exterior que cubra el impermeabilizante del muro o la barrera impermeable dispuesta entre el muro y la fachada, y sellarse la unión con la fachada en su parte superior, o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto (véase la siguiente figura).



- Cuando no sea necesaria la disposición del zócalo, el remate de la barrera impermeable en el exterior de la fachada debe realizarse según lo descrito en el apartado 2.4.4.1.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad o disponiendo un sellado.

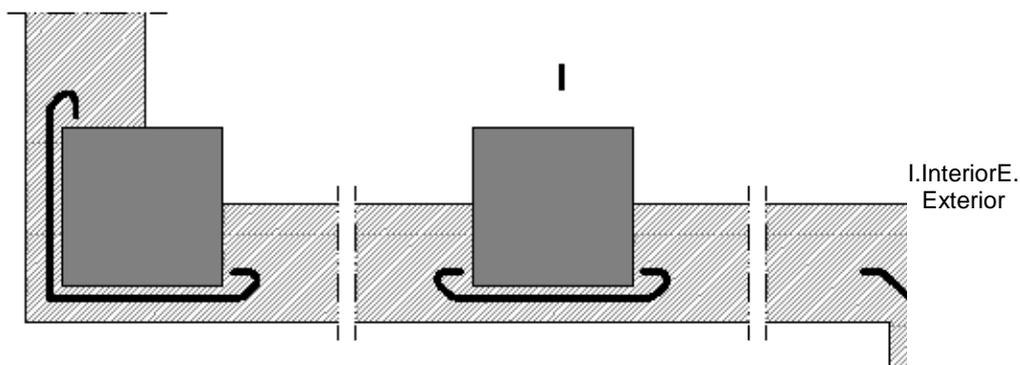
Encuentros de la fachada con los forjados:

- Cuando en otros casos se disponga una junta de desolidarización, ésta debe tener las características anteriormente mencionadas.

Encuentros de la fachada con los pilares:

- Cuando la hoja principal esté interrumpida por los pilares, en el caso de fachada con revestimiento continuo, debe reforzarse éste con armaduras dispuestas a lo largo del pilar de tal forma que lo sobrepasen 15 cm por ambos lados.

Cuando la hoja principal esté interrumpida por los pilares, si se colocan piezas de menor espesor que la hoja principal por la parte exterior de los pilares, para conseguir la estabilidad de estas piezas, debe disponerse una armadura o cualquier otra solución que produzca el mismo efecto (véase la siguiente figura).



Encuentros de la cámara de aire ventilada con los forjados y los dinteles:

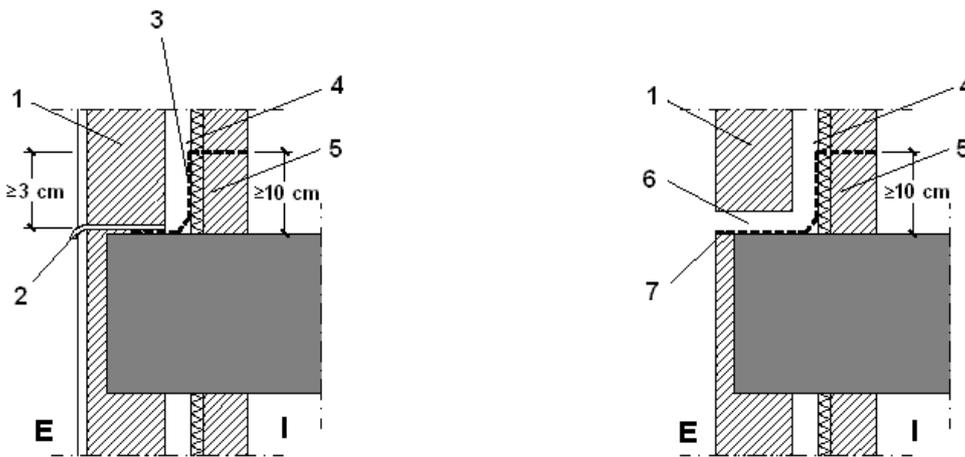
**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- Cuando la cámara quede interrumpida por un forjado o un dintel, debe disponerse un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada o condensada en la misma.
- Como sistema de recogida de agua debe utilizarse un elemento continuo impermeable (lámina, perfil especial, etc.) dispuesto a lo largo del fondo de la cámara, con inclinación hacia el exterior, de tal forma que su borde superior esté situado como mínimo a 10 cm del fondo y al menos 3 cm por encima del punto más alto del sistema de evacuación (véase la siguiente figura). Cuando se disponga una lámina, ésta debe introducirse en la hoja interior en todo su espesor.
- Para la evacuación debe disponerse uno de los sistemas siguientes:

a) Un conjunto de tubos de material estanco que conduzcan el agua al exterior, separados 1,5 m como máximo (véase la siguiente figura);

Un conjunto de llagas de la primera hilada desprovistas de mortero, separadas 1,5 m como máximo, a lo largo de las cuales se prolonga hasta el exterior el elemento de recogida dispuesto en el fondo de la cámara.



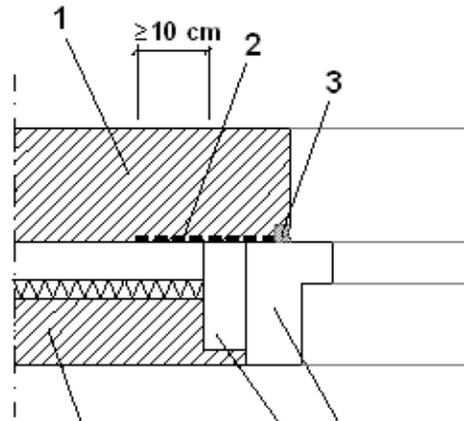
1. Hoja principal
  2. Sistema de evacuación
  3. Sistema de recogida
  4. Cámara
  5. Hoja interior
  6. Llaga desprovista de mortero
  7. Sistema de recogida y evacuación
- I. Interior  
E. Exterior

Encuentro de la fachada con la carpintería:

Debe sellarse la junta entre el cerco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

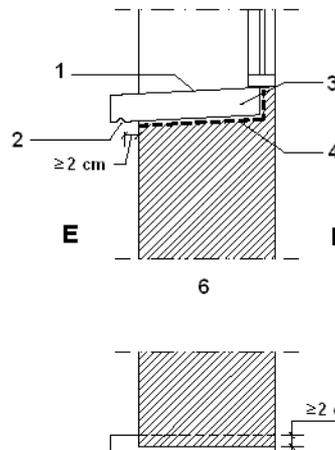
**Autor:** Silvia Sartal García.



1.Hoja principal  
 2.Barrera impermeable  
 3.Sellado  
 4.Cerco  
 5.Pre cerco  
 6.Hoja interior

- Cuando la carpintería esté retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discurra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería o adoptarse soluciones que produzcan los mismos efectos.
- El vierteaguas debe tener una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo, debe ser impermeable o disponerse sobre una barrera impermeable fijada al cerco o al muro que se prolongue por la parte trasera y por ambos lados del vierteaguas y que tenga una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo. El vierteaguas debe disponer de un goterón en la cara inferior del saliente, separado del paramento exterior de la fachada al menos 2 cm, y su entrega lateral en la jamba debe ser de 2 cm como mínimo (véase la siguiente figura).

La junta de las piezas con goterón debe tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.



1.Pendiente hacia el exterior  
 2.Goterón  
 3.Vierteaguas  
 4.Barrera impermeable  
 5.Vierteaguas  
 6.Sección  
 7.Planta  
 Interior  
 Exterior

Antepechos y remates superiores de las fachadas:

- Los antepechos deben rematarse con albardillas para evacuar el agua de lluvia que llegue a su parte superior y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.
- Las albardillas deben tener una inclinación de 10° como mínimo, deben disponer de goterones en la cara inferior de los salientes hacia los que discurre el agua, separados de los paramentos correspondientes del antepecho al menos 2 cm y deben ser impermeables o deben disponerse sobre una barrera impermeable que tenga una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo. Deben disponerse juntas de dilatación cada dos piezas cuando sean de piedra o prefabricadas y cada 2 m cuando sean cerámicas. Las juntas entre las albardillas deben realizarse de tal manera que sean impermeables con un sellado adecuado.

Anclajes a la fachada:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- Cuando los anclajes de elementos tales como barandillas o mástiles se realicen en un plano horizontal de la fachada, la junta entre el anclaje y la fachada debe realizarse de tal forma que se impida la entrada de agua a través de ella mediante el sellado, un elemento de goma, una pieza metálica u otro elemento que produzca el mismo efecto.

Aleros y cornisas:

- Los aleros y las cornisas de constitución continua deben tener una pendiente hacia el exterior para evacuar el agua de 10° como mínimo y los que sobresalgan más de 20 cm del plano de la fachada deben
  - a) Ser impermeables o tener la cara superior protegida por una barrera impermeable, para evitar que el agua se filtre a través de ellos;
  - b) Disponer en el encuentro con el paramento vertical de elementos de protección prefabricados o realizados in situ que se extiendan hacia arriba al menos 15 cm y cuyo remate superior se resuelva de forma similar a la descrita en el apartado 2.4.4.1.2 de DB HS 1 Protección frente a la humedad, para evitar que el agua se filtre en el encuentro y en el remate;
  - c) Disponer de un goterón en el borde exterior de la cara inferior para evitar que el agua de lluvia evacuada alcance la fachada por la parte inmediatamente inferior al mismo.
- En el caso de que no se ajusten a las condiciones antes expuestas debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.
- La junta de las piezas con goterón debe tener la forma del mismo para no crear a través de ella un puente hacia la fachada.

#### 4.3.1.3. CUBIERTAS INCLINADAS

##### 4.3.1.3.1. Condiciones de las soluciones constructivas

###### Cubierta de teja plana con panel sándwich

REVESTIMIENTO EXTERIOR: Cubierta inclinada, barrera de vapor: lámina bituminosa de oxiasfalto, LO-30/PE (95) colocada con imprimación asfáltica, tipo EA; aislamiento térmico: panel rígido de lana mineral soldable, de 50 mm de espesor; impermeabilización monocapa adherida: lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40/FP (160); capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado; capa de protección, material de cobertura teja plana, sobre capa de regularización de mortero M-5, rejuntadas con mortero de juntas cementoso, CG2.

ELEMENTO ESTRUCTURAL

Estructura de cubierta de madera de vigas y panel thermochip.

Tipo: **Transitable peatones**

**Formación de pendientes:**

Pendiente mínima/máxima: **31 %**

**Aislante térmico<sup>(2)</sup>:**

Material aislante térmico: **EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]**

Espesor: **4.5 cm<sup>(3)</sup>**

Barrera contra el vapor: **Barrera de vapor con lámina asfáltica**

**Tipo de impermeabilización:**

Descripción: **Material bituminoso/bituminoso modificado**

Notas:

<sup>(1)</sup> Este dato se obtiene de la tabla 2.9 de DB HS 1 Protección frente a la humedad.

<sup>(2)</sup> Según se determine en DB HE 1 Ahorro de energía.

<sup>(3)</sup> Debe disponerse una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.

Sistema de formación de pendientes

- El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las solicitaciones mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.
- Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Aislante térmico:

- El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las sollicitaciones mecánicas.
- Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.
- Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

Capa de impermeabilización:

- Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.
- Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados:
  - Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.
  - Cuando la pendiente de la cubierta esté comprendida entre 5 y 15%, deben utilizarse sistemas adheridos.
  - Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.
  - Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

Capa de protección:

- Cuando se disponga una capa de protección, el material que forma la capa debe ser resistente a la intemperie en función de las condiciones ambientales previstas y debe tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento.

Tejado

-Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarras, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como la zona eólica, tormentas y altitud topográfica.

-Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como de la ubicación del edificio.

### **Cubierta de teja plana con panel sánwich**

REVESTIMIENTO EXTERIOR: Cubierta inclinada, compuesta de: formación de pendientes: arcilla expandida; barrera de vapor: lámina bituminosa de oxiasfalto, LO-30/PE (95) colocada con imprimación asfáltica, tipo EA; aislamiento térmico: panel rígido de lana mineral soldable, de 50 mm de espesor; impermeabilización monocapa adherida: lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40/FP (160); capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado; capa de protección: cobertura de teja cerámica plana, colocada con adhesivo cementoso normal, C1 gris, sobre capa de regularización de mortero M-5.

ELEMENTO ESTRUCTURAL

Estructura de cubierta de madera de roble de vigas y panel thermochip.

REVESTIMIENTO INTERIOR DEL TECHO

Techo suspendido continuo, con cámara de aire de 30 cm de altura, compuesto de: AISLAMIENTO: aislamiento acústico formado por panel semirrígido de lana mineral, de 40 mm de espesor; TECHO SUSPENDIDO: falso techo continuo para revestir, situado a una altura menor de 4 m, de placas nervadas de escayola, de 100x60 cm, con acabado liso, mediante estopadas colgantes; ACABADO SUPERFICIAL: pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, mano de fondo y dos manos de acabado.

Tipo: **Inclinada**

**Formación de pendientes:**

Pendiente mínima/máxima: **30 %**

**Aislante térmico(2):**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Material aislante térmico: **EPS Poliestireno Expandido [ 0.029 W/[mK]]**  
Espesor: **4.5 cm<sup>(3)</sup>**  
Barrera contra el vapor: **Barrera de vapor con lámina asfáltica**

**Tipo de impermeabilización:**

Descripción: **Material bituminoso/bituminoso modificado**

**Notas:**

(1) Este dato se obtiene de la tabla 2.9 de DB HS 1 Protección frente a la humedad.

(2) Según se determine en DB HE 1 Ahorro de energía.

(3) Debe disponerse una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.

**Sistema de formación de pendientes**

- El sistema de formación de pendientes debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las solicitaciones mecánicas y térmicas, y su constitución debe ser adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.
- Cuando el sistema de formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte a la capa de impermeabilización, el material que lo constituye debe ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.

**Aislante térmico:**

- El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las solicitaciones mecánicas.
- Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.
- Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

**Capa de impermeabilización:**

- Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.
- Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados:
  - Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.
  - Cuando la pendiente de la cubierta esté comprendida entre 5 y 15%, deben utilizarse sistemas adheridos.
  - Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.
  - Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

**Capa de protección:**

- Cuando se disponga una capa de protección, el material que forma la capa debe ser resistente a la intemperie en función de las condiciones ambientales previstas y debe tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento.

**Tejado**

-Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarra, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como zona eólica, tormentas y altitud topográfica.

-Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como la ubicación del edificio.

**4.3.1.3.2. Puntos singulares de las cubiertas**

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

Encuentro de la cubierta con un aramento vertical:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

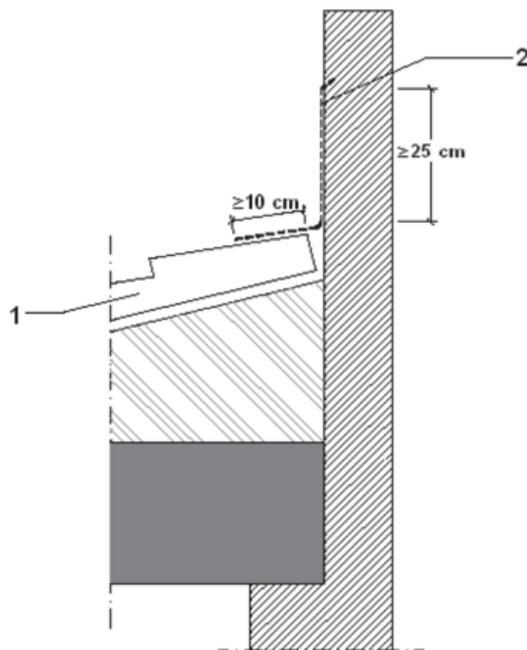
**Autor:** Silvia Sartal García.

-En el encuentro de la cubierta con un paramento vertical deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

-Los elementos de protección deben cubrir como mínimo una banda de paramento vertical de 25 cm de altura por encima del tejado y su remate debe realizarse de forma similar a la descrita en las cubiertas planas.

-Cuando el encuentro se produzca en la parte inferior del faldón, debe disponerse un canalón y realizarse según lo dispuesto en el apartado 2.4.4.2.9 del DB HS 1: Protección frente a la humedad.

Cuando el encuentro se produzca en la parte inferior del faldón, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro (véase la siguiente figura).



1.Piezas de tejado 2.Elemento de protección del paramento vertical

### Alero

-Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo y media pieza como máximo del soporte que conforma el alero.

-Cuando el tejado sea de pizarra o de teja, para evitar la filtración de agua a través de la unión de la primera hilada del tejado y el alero, debe realizarse en el borde un recalde de asiento de las piezas de la primera hilada de tal manera que tengan la misma pendiente que las de las siguientes, o debe adoptarse cualquier otra solución que produzca el mismo efecto.

Borde lateral:

-En el borde lateral deben disponerse piezas especiales que vuelen lateralmente más de 5 cm o baberos protectores realizados in situ. En el último caso el borde puede rematarse con piezas especiales o con piezas normales que vuelen 5 cm.

Limahoyas:

-En las limahoyas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

-Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre la limahoya.

-La separación entre las piezas del tejado de los dos faldones debe ser 20 cm como mínimo.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### Cumbreras y limatesas:

-En las cumbreras y limatesas deben disponerse piezas especiales que deben solapar 5 cm como mínimo sobre las piezas del tejado de ambos faldones.

-Las piezas del tejado de la última hilada superior y las de la cumbrera y la limatesa deben fijarse.

-Cuando no sea posible el solape entre las piezas de una cumbrera en un cambio de dirección o en un encuentro de cumbreras este encuentro debe impermeabilizarse con piezas especiales o baberos protectores.

#### Encuentro de la cubierta con elementos pasantes:

-Los elementos pasantes no deben disponerse en las limahoyas.

-La parte superior del encuentro del faldón con el elemento pasante, debe resolverse de tal manera que se desvíe el agua hacia los lados del mismo.

-En el perímetro del encuentro deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento pasante por encima del tejado de 20 cm de altura como mínimo.

#### Lucernarios:

-Debe impermeabilizarse las zonas del faldón que estén en contacto con el precerco o el cerco del lucernario mediante elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

-En la parte inferior del lucernario, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro y en la parte superior por debajo y prolongarse 10 cm como mínimo.

#### Anclaje de elementos:

-Los anclajes no deben disponerse en las limahoyas.

-Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento anclado de una altura de 20 cm como mínimo por encima del tejado.

#### Canalones:

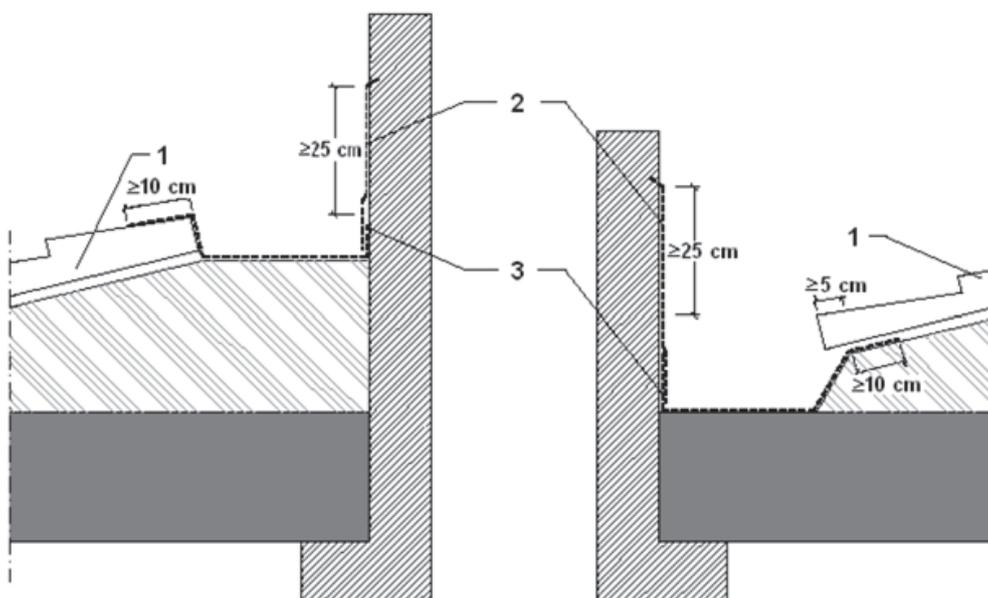
-Para la formación del canalón deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

-Los canalones deben disponerse con una pendiente hacia el desagüe del 1 % como mínimo.

-Las piezas del tejado que vierten sobre el canalón deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre el mismo.

-Cuando el canalón sea visto, debe disponerse el borde más cercano a la fachada de tal forma que quede por encima del borde exterior del mismo.

Elementos de protección prefabricados o realizados in situ de tal forma que cubran una banda del paramento vertical por encima del tejado de 25 cm como mínimo y su remate se realice de forma similar a la descrita para cubiertas planas (véase la siguiente figura).



1. Piezas de tejado
2. Elemento de protección del paramento vertical
3. Elemento de protección del canalón

-Cuando el canalón esté situado junto a un paramento vertical deben disponerse:

- a) Cuando el encuentro sea en la parte inferior del faldón, los elementos de protección por debajo de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo
- b) Cuando el encuentro sea en la parte superior del faldón, los elementos de protección por encima de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo.

-Cuando el canalón esté situado en una zona intermedia del faldón debe disponerse de tal forma que:

- a) El ala del canalón se extienda por debajo de las piezas del tejado 10 cm como mínimo;
- b) La separación entre las piezas del tejado a ambos lados del canalón sea de 20 cm como mínimo;
- c) El ala inferior del canalón debe ir por encima de las piezas del tejado.

#### **4.3.2 HS2: RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS**

##### **ESPACIO DE ALMACENAMIENTO INMEDIATO EN LA VIVIENDA**

- a) Deben disponerse en cada vivienda espacios para almacenar cada una de las cinco fracciones de los residuos ordinarios generados en ella
- b) El espacio de almacenamiento de cada fracción debe tener una superficie en planta no menor que 30x30 cm y debe ser igual o mayor que 45 dm<sup>3</sup>.
- c) En el caso de viviendas aisladas o agrupadas horizontalmente, para las fracciones de papel / cartón y vidrio, puede utilizarse como espacio de almacenamiento inmediato el almacén de contenedores del edificio.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- d) Los espacios destinados a materia orgánica y envases ligeros deben disponerse en la cocina o en zonas anejas auxiliares.
- e) Estos espacios deben disponerse de tal forma que el acceso a ellos pueda realizarse sin que haya necesidad de recurrir a elementos auxiliares y que el punto más alto esté situado a una altura no mayor que 1,20 m por encima del nivel del suelo.
- f) El acabado de la superficie de cualquier elemento que esté situado a menos de 30 cm de los límites del espacio de almacenamiento debe ser impermeable y fácilmente lavable.

#### **Cálculo de la capacidad mínima de almacenamiento**

<b>[3 dormitorios dobles]</b>			
Fracción	CA <sup>(1)</sup> (l/persona)	P <sub>v</sub> <sup>(2)</sup> (ocupantes)	Capacidad (l)
Papel / cartón	10.85	6	65.10
Envases ligeros	7.80	6	46.80
Materia orgánica	3.00	6	45.00
Vidrio	3.36	6	45.00
Varios	10.50	6	63.00
		Capacidad mínima total	264.90

Notas:

<sup>(1)</sup> CA, coeficiente de almacenamiento (l/persona), cuyo valor para cada fracción se obtiene de la tabla 2.3 del DB HS 2.

<sup>(2)</sup> P<sub>v</sub>, número estimado de ocupantes habituales del edificio, que equivale a la suma del número total de dormitorios sencillos y el doble de número total de dormitorios dobles.

### **4.3.3 HS3: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR**

#### **4.3.3.1 Memoria descriptiva**

##### **4.3.3.1.1 Objeto del proyecto**

El objeto de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación de calidad del aire interior, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación DB HS 'Salubridad'.

##### **4.3.3.1.2 Emplazamiento**

Vilagarcía de Arousa

##### **4.3.3.1.3 Legislación aplicable**

En la realización del proyecto se ha tenido en cuenta la Exigencia Básica DB HS 3 'Calidad del aire interior' del Código Técnico de la Edificación.

##### **4.3.3.1.4 Descripción de la instalación**

###### **4.3.3.1.4.1 Descripción general**

Tipo de proyecto/ nombre del edificio: Vivienda unifamiliar

Situación: Vilagarcía de Arousa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### Descripción del edificio

Número de viviendas	1
Número de garajes	-
Número de trasteros	-
Número de almacenes de residuos	-

#### 4.3.3.2 Cálculos

##### 4.3.3.2.1 Bases de cálculo

##### 4.3.3.2.1.1 Caudales de ventilación exigidos

El caudal de ventilación mínimo para los distintos tipos de local se obtiene considerando los criterios de ocupación del apartado 2 y aplicando la tabla 2.1 (CTE DB HS 3).

Caudales de ventilación mínimos exigidos			
Locales		Caudal de ventilación mínimo exigido 'qv' (l/s)	
		Por ocupante	Por superficie útil (m2) En función de otros parámetros
		Dormitorios	5
Salas de estar y comedores	3		
Aseos y cuartos de baño		2	15 por local
Cocinas		2	50 por local (1)
Trasteros y sus zonas comunes		0.7	
Aparcamientos y garajes			120 por plaza (2)
Almacenes de residuos		10	

(1) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina.

(2) Caudal considerado para la admisión mecánica de aire.

Para la extracción mecánica se considera un caudal de 150 l/s por plaza (según DB-SI 3: 8.2).

##### 4.3.3.2.1.2 Redes de conductos en garaje

El número de redes de conductos de extracción se obtiene, en función del número de plazas del aparcamiento, aplicando la tabla 3.1 (CTE DB HS 3).

P ≤ 15	1
15 < P ≤ 80	2
80	1 + parte entera de P/40

##### 4.3.3.2.1.3 Aberturas de ventilación

El área efectiva total mínima de las aberturas de ventilación de cada local es la mayor de las obtenidas mediante las fórmulas siguientes, según la tabla 4.1 (CTE DB HS 3).

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en cm2.		
Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión (1)	4 * qv ó 4 * qva
	Aberturas de extracción	4 * qv ó 4 * qve
	Aberturas de paso	70 cm2 ó 8 * qvp

(1) Cuando se trate de una abertura de admisión constituida por una apertura fija, la dimensión que se obtenga de la tabla no podrá excederse en más de un 10%.

Siendo:

'qv': caudal de ventilación mínimo exigido en el local (l/s).

'qva': caudal de ventilación correspondiente a cada abertura de admisión del local, calculado por un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión y de extracción y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales (l/s).

'qve': caudal de ventilación correspondiente a cada abertura de extracción del local, calculado por un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión y de extracción y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales (l/s).

'qvp': caudal de ventilación correspondiente a cada abertura de paso del local, calculado por un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión y de extracción y con una hipótesis de circulación del aire según la distribución de los locales (l/s).

#### 4.3.3.2.1.4 Conductos de extracción

##### 4.3.3.2.1.4.1 Conductos de extracción para ventilación híbrida

La sección mínima de los conductos se obtiene, en función del caudal de aire en el tramo del conducto y de la clase de tiro, aplicando la tabla 4.2 (CTE DB HS 3).

El caudal de aire en el tramo del conducto es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las aberturas de extracción que vierten al tramo.

La clase de tiro viene determinada por el número de plantas existentes entre la más baja que vierte al conducto y la última, ambas incluidas, y la zona térmica en la que se sitúa el edificio. Se obtiene aplicando las tablas 4.3 y 4.4 (CTE DB HS 3).

Caudal de aire en el tramo del conducto (l/s)	Sección del conducto de extracción (cm2)			
	Clase de tiro			
	T-1	T-2	T-3	T-4
qvt ≤ 100	1 x 225	1 x 400	1 x 625	1 x 625
100 < qvt ≤ 300	1 x 400	1 x 625	1 x 625	1 x 900
300 < qvt ≤ 500	1 x 625	1 x 900	1 x 900	1 x 900

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	500 < qvt <= 750	1 x 625	1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	3 x 900
	750 < qvt <= 1000	1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	2 x 900	3 x 900 + 1 x 625

'qvt' es el caudal de aire en el tramo del conducto (qvt), que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las aberturas de extracción que vierten al tramo;

Zona térmica		
Provincia	Altitud (m)	
	<= 800	> 800
Pontevedra	Y	X

Clase de tiro				
	W	Zona térmica		
		X	Y	Z
1				T-4
2				
3			T-3	
4				
5		T-2		
6				
7				T-2
>=8		T-1		

La sección mínima de cada ramal es igual a la mitad de la del conducto colectivo al que vierte.

#### 4.3.3.2.1.4.2 Conductos de extracción para ventilación mecánica

La sección nominal mínima de cada tramo de un conducto contiguo a un local habitable, se obtiene aplicando la fórmula:

$$S \geq 2,5 \cdot qvt$$

'qvt' es el caudal de aire en el tramo del conducto (l/s), que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las aberturas de extracción que vierten al tramo;

De esta manera se consigue que el nivel sonoro continuo equivalente estandarizado ponderado producido por la instalación no sea superior a 30 dBA.

La sección nominal mínima de los conductos dispuestos en cubierta se obtiene mediante la fórmula:

$$S \geq 1,5 \cdot qvt$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.3.3.2.1.5 Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores

Se dimensionan de acuerdo con el caudal extraído y para una depresión suficiente para contrarrestar las pérdidas de presión previstas del sistema.

Las pérdidas de presión se obtienen aplicando el método de pérdida de carga constante por unidad de longitud.

Las pérdidas de carga por unidad de longitud se obtienen aplicando la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$\frac{h_f}{L} = f \frac{1}{D_e} \frac{v^2}{2g}$$

'hf/L' pérdida de carga por unidad de longitud;

'f' factor de fricción del conducto;

'De' diámetro equivalente del conducto;

'v' velocidad de circulación del aire en el interior del conducto;

'g' aceleración de la gravedad;

Los extractores para la ventilación adicional en cocinas se dimensionan de acuerdo con el caudal mínimo necesario, obtenido de la tabla 2.1 (CTE DB HS 3).

#### 4.3.3.2.1.6 Ventanas y puertas exteriores

La superficie total practicable mínima de las ventanas y puertas exteriores de cada local es un veinteavo de la superficie útil del mismo.

#### 4.3.3.2.2 Dimensionado

##### 4.3.3.2.2.1 Aberturas de ventilación

##### 4.3.3.2.2.1.1 Viviendas

##### 4.3.3.2.2.1.1.1 Ventilación híbrida

Vivienda unifamiliar (Planta semisótano)

Cálculo de las aberturas de ventilación											
Local	Tipo	Au(m²)	No	qv(l/s)	qe(l/s)	Aberturas de ventilación					
						Tab	qa(l/s)	Amin(c m²)	Areal(cm²)	Dimensiones(mm)	
Comedor (Salón / Comedor)	Seco	17.1	6	18.0	26.4	A	16.4	65.7	96.0	800x80x12	
						A	10.0	40.0	96.0	800x80x12	
						A	10.0	40.0	96.0	800x80x12	
						P	4.7	70.0	130.0	Holgura	
Habitación auxiliar (Dormitorio)	Seco	9.7	2	10.0	18.4	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12	
						A	8.4	33.7	96.0	800x80x12	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Cocina (Cocina)	Húmedo	14.9	-	29.9	29.9	P	18.4	147.5	100.0	Holgura
									145.0	725x20x82
						P	8.1	70.0	97.0	Holgura
						E	14.9	119.5	201.1	Ø 160
Baño 1 (Baño / Aseo)	Húmedo	6.9	-	15.0	15.0	E	14.9	119.5	201.1	Ø 160
						P	15.0	120.0	100.0	Holgura
									145.0	725x20x82
						E	15.0	60.0	122.7	Ø 125

#### Abreviaturas utilizadas

Au	Área útil	Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)
No	Número de ocupantes.	qa	Caudal de ventilación de la abertura.
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.	Amin	Área mínima de la abertura.
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)	Areal	Área real de la abertura.

#### Vivienda unifamiliar (Planta alta)

#### Cálculo de las aberturas de ventilación

Local	Tipo	Au(m²)	No	qv(l/s)	qe(l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa(l/s)	Amin(c m²)	Areal(cm²)	Dimensiones(mm)
Salón (Salón / Comedor)	Seco	30.9	6	18.0	18.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	8.0	32.0	96.0	800x80x12
						P	18.0	144.0	82.5	Holgura
Baño 2 (Baño / Aseo)	Húmedo	4.5	-	15.0	18.0				145.0	725x20x82
						E	9.0	72.0	122.7	Ø 125
						E	9.0	72.0	122.7	Ø 125

#### Abreviaturas utilizadas

Au	Área útil	Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)
No	Número de ocupantes.	qa	Caudal de ventilación de la abertura.
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.	Amin	Área mínima de la abertura.
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)	Areal	Área real de la abertura.

#### Vivienda unifamiliar (Bajo Cubierta)

#### Cálculo de las aberturas de ventilación

Local	Tipo	Au(m²)	No	qv(l/s)	qe(l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa(l/s)	Amin(c m²)	Areal(cm²)	Dimensiones(mm)
Salón Bajo Cubierta (Salón / Comedor)	Seco	30.8	6	18.0	18.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	8.0	32.0	96.0	800x80x12
						P	18.0	144.0	82.5	Holgura
Dormitorio secundario (Dormitorio)	Seco	9.7	2	10.0	10.0				145.0	725x20x82
						A	10.0	40.0	96.0	800x80x12

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

						P	18.0	144.0	82.5	Holgura
									145.0	725x20x82
									82.5	Holgura
						P	28.0	224.0	145.0	725x20x82
									145.0	725x20x82
									82.5	Holgura
						P	28.0	224.0	145.0	725x20x82
Baño 4 (Baño / Aseo)	Húmedo	9.3	-	15.0	28.0				145.0	725x20x82
						E	14.0	112.0	122.7	Ø 125
						E	14.0	112.0	122.7	Ø 125

#### Abreviaturas utilizadas

Au	Área útil	Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)
No	Número de ocupantes.	qa	Caudal de ventilación de la abertura.
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.	Amin	Área mínima de la abertura.
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)	Areal	Área real de la abertura.

#### Vivienda unifamiliar (Bajo Cubierta)

#### Cálculo de las aberturas de ventilación

Local	Tipo	Au(m²)	No	qv(l/s)	qe(l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa(l/s)	Amin(cm²)	Areal(cm²)	Dimensiones(mm)
Dormitorio principal (Dormitorio)	Seco	18.8	2	10.0	15.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
						A	5.0	20.0	96.0	800x80x12
						P	15.0	120.0	82.5	Holgura
Baño 3 (Baño / Aseo)	Húmedo	6.0	-	15.0	15.0				145.0	725x20x82
						P	15.0	120.0	82.5	Holgura
						E	15.0	60.0	122.7	Ø 125

#### Abreviaturas utilizadas

Au	Área útil	Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)
No	Número de ocupantes.	qa	Caudal de ventilación de la abertura.
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.	Amin	Área mínima de la abertura.
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)	Areal	Área real de la abertura.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.3.3.2.2 Conductos de ventilación

##### 4.3.3.2.2.1 Viviendas

##### 4.3.3.2.2.1.1 Ventilación híbrida

##### 4.3.3.2.2.1.1.1 Conductos de extracción

#### 2-VEH

Cálculo de conductos									
Tramo	qv(l/s)	Sc(cm <sup>2</sup> )	Sreal(cm <sup>2</sup> )	Dimensiones(mm)	De(cm)	v(m/s)	Lr(m)	Lt(m)	J(mm.c.a.)
2-VEH - 2.1	29.9	625.0	706.9	300	30.0	0.4	10.6	10.6	0.014

#### Abreviaturas utilizadas

qv	Caudal de aire en el conducto	v	Velocidad
Sc	Sección calculada	Lr	Longitud medida sobre plano
Sreal	Sección real	Lt	Longitud total de cálculo
De	Diámetro equivalente	J	Pérdida de carga

#### 3-VEH

Cálculo de conductos									
Tramo	qv(l/s)	Sc(cm <sup>2</sup> )	Sreal(cm <sup>2</sup> )	Dimensiones(mm)	De(cm)	v(m/s)	Lr(m)	Lt(m)	J(mm.c.a.)
3-VEH - 3.1	43.0	625.0	706.9	300	30.0	0.6	0.6	0.6	0.002

#### Abreviaturas utilizadas

qv	Caudal de aire en el conducto	v	Velocidad
Sc	Sección calculada	Lr	Longitud medida sobre plano
Sreal	Sección real	Lt	Longitud total de cálculo
De	Diámetro equivalente	J	Pérdida de carga

#### 4-VEH

Cálculo de conductos									
Tramo	qv(l/s)	Sc(cm <sup>2</sup> )	Sreal(cm <sup>2</sup> )	Dimensiones(mm)	De(cm)	v(m/s)	Lr(m)	Lt(m)	J(mm.c.a.)
4-VEH - 4.1	33.0	625.0	706.9	300	30.0	0.5	6.0	6.0	0.009
4.1 - 4.2	15.0	625.0	706.9	300	30.0	0.2	4.6	4.6	0.002

#### Abreviaturas utilizadas

qv	Caudal de aire en el conducto	v	Velocidad
Sc	Sección calculada	Lr	Longitud medida sobre plano
Sreal	Sección real	Lt	Longitud total de cálculo
De	Diámetro equivalente	J	Pérdida de carga

#### **4.3.3.2.2.3 Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores**

##### **4.3.3.2.2.3.1 Viviendas**

##### **4.3.3.2.2.3.1.1 Ventilación híbrida**

<b>Cálculo de aspiradores</b>		
Referencia	Caudal(l/s)	Presión(mm.c.a.)
2-VEH	29.9	1.033
3-VEH	43.0	1.021
4-VEH	33.0	1.031

#### **4.3.4 HS4: SUMINISTRO DE AGUA**

##### **4.3.4.1 Memoria descriptiva**

##### **4.3.4.1.1 Objeto del proyecto**

El objeto de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación de suministro de agua, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del CTE DB HS4.

##### **4.3.4.1.2 Emplazamiento**

Vilagarcía de Arousa

##### **4.3.4.1.3 Legislación aplicable**

En la realización del proyecto se ha tenido en cuenta el CTE DB HS4 'Suministro de agua'.

##### **4.3.4.1.4 Descripción de la instalación**

##### **4.3.4.1.4.1 Descripción general**

Tipo de proyecto: Vivienda unifamiliar.

##### **4.3.4.1.5 Características de la instalación**

##### **4.3.4.1.5.1 Acometidas**

*Circuito más desfavorable:*

Instalación de acometida enterrada para abastecimiento de agua de 0,57 m de longitud, que une la red general de distribución de agua potable de la empresa suministradora con la instalación general del edificio, continua en todo su recorrido sin uniones o empalmes intermedios no registrables, formada por tubo de polietileno PE 100, de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 2,3 mm de espesor, colocada sobre cama o lecho de arena de 15 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada; collarín de toma en carga colocado sobre la red general de distribución que sirve de enlace entre la acometida y la red; llave de corte de esfera de 3/4" de diámetro con mando de cuadradillo colocada mediante unión roscada, situada junto a la edificación, fuera de los límites de la propiedad, alojada en arqueta prefabricada de polipropileno de 30x30x30 cm, colocada sobre solera de hormigón en masa HM-

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

20/P/20/I de 15 cm de espesor.

#### 4.3.4.1.5.2 Tubos de alimentación

*Circuito más desfavorable:*

Instalación de alimentación de agua potable de 8,52 m de longitud, enterrada, formada por tubo de acero galvanizado estirado sin soldadura, de 1" DN 25 mm de diámetro, colocado sobre cama o lecho de arena de 10 cm de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería.

#### 4.3.4.1.5.3 Instalaciones particulares

*Circuito más desfavorable:*

Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), para los siguientes diámetros: 16 mm (5.35 m), 20 mm (26.17 m), 25 mm (3.30 m), 32 mm (0.88 m).

### 4.3.4.2 Cálculos

#### 4.3.4.1.1 Bases de cálculo

##### 4.3.4.1.1.1 Redes de distribución

##### 4.3.4.1.1.1.1 Condiciones mínimas de suministro

#### Condiciones mínimas de suministro a garantizar en cada punto de consumo

Tipo de aparato	Q <sub>min</sub> AF (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>min</sub> A.C.S. (m <sup>3</sup> /h)	P <sub>min</sub> (m.c.a.)
Lavabo	0.36	0.234	12
Inodoro con cisterna	0.36	-	12
Ducha	0.72	0.360	12
Bidé	0.36	0.234	12
Lavavajillas doméstico	0.54	0.360	12
Fregadero doméstico	0.72	0.360	12
Lavadero	0.72	0.360	12
Lavadora doméstica	0.72	0.540	12
Bañera de 1,40 m o más	1.08	0.720	12

#### Abreviaturas utilizadas

Q<sub>min</sub> AF Caudal instantáneo mínimo de agua fría P<sub>min</sub> Presión mínima  
Q<sub>min</sub> A.C.S. Caudal instantáneo mínimo de A.C.S.

La presión en cualquier punto de consumo no es superior a 40 m.c.a.

La temperatura de A.C.S. en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C. excepto en las instalaciones ubicadas en edificios dedicados a uso exclusivo de vivienda siempre que éstas no afecten al ambiente exterior de dichos edificios.

##### 4.3.4.1.1.1.2 Tramos

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

El cálculo se ha realizado con un primer dimensionado seleccionando el tramo más desfavorable de la misma y obteniéndose unos diámetros previos que posteriormente se han comprobado en función de la pérdida de carga obtenida con los mismos, a partir de la siguiente formulación:

**Factor de fricción:**

$$\lambda = 0,25 \cdot \left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^{-2}$$

siendo:

$\varepsilon$ : Rugosidad absoluta

D: Diámetro [mm]

Re: Número de Reynolds

**Pérdidas de carga:**

$$J = f(\text{Re}, \varepsilon_r) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

siendo:

Re: Número de Reynolds

$\varepsilon_r$ : Rugosidad relativa

L: Longitud [m]

D: Diámetro

v: Velocidad [m/s]

g: Aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]

Este dimensionado se ha realizado teniendo en cuenta las peculiaridades de la instalación y los diámetros obtenidos son los mínimos que hacen compatibles el buen funcionamiento y la economía de la misma.

El dimensionado de la red se ha realizado a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se ha partido del circuito más desfavorable que es el que cuenta con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

El dimensionado de los tramos se ha realizado de acuerdo al procedimiento siguiente:

el caudal máximo de cada tramo es igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo con la tabla que figura en el apartado 'Condiciones mínimas de suministro'.

establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con el criterio seleccionado (UNE 149201):

**Montantes e instalación interior:**

$$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14 \text{ (l/s)}$$

siendo:

Qc: Caudal simultáneo

Qt: Caudal bruto

determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.

elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:

tuberías metálicas: entre 0.50 y 1.50 m/s.

tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0.50 y 2.50 m/s.

obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

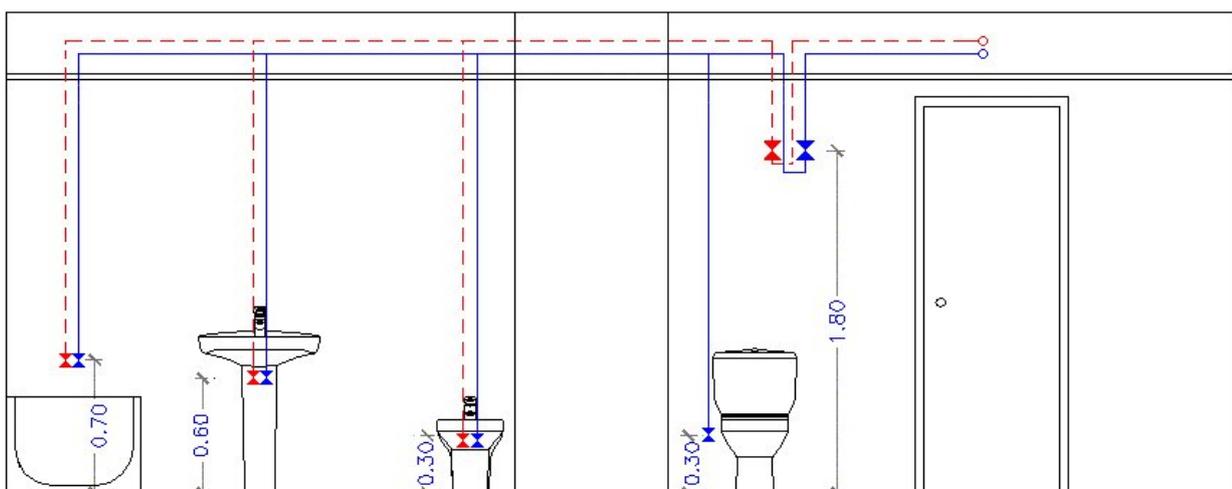
#### 4.3.4.1.1.3 Comprobación de la presión

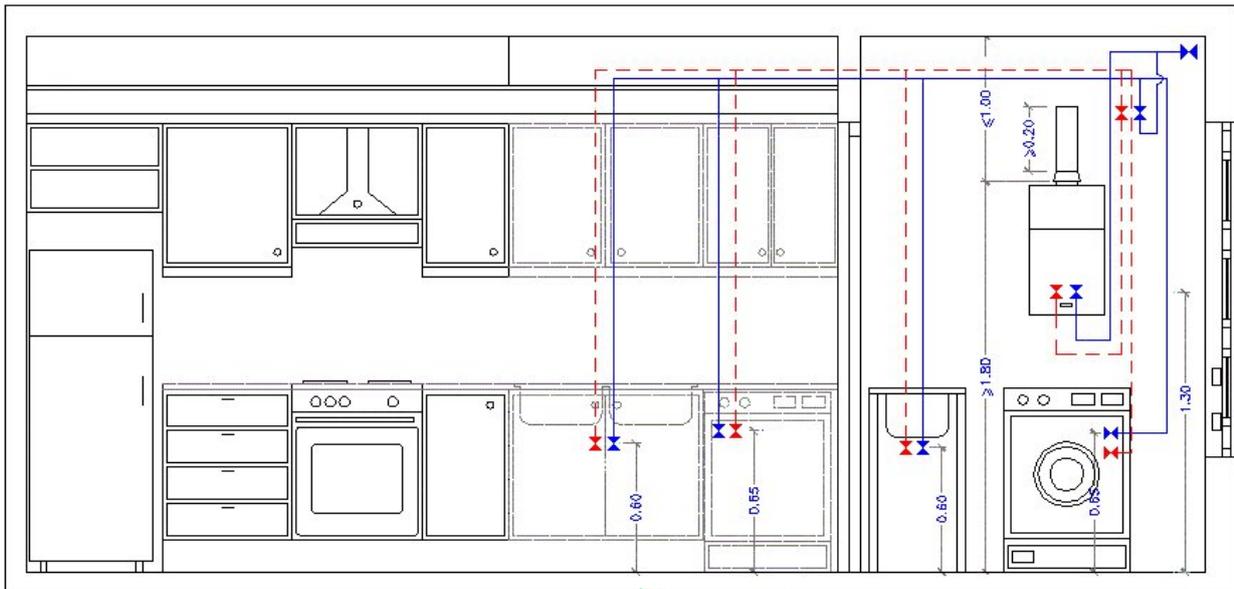
Se ha comprobado que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera los valores mínimos indicados en el apartado 'Condiciones mínimas de suministro' y que en todos los puntos de consumo no se supera el valor máximo indicado en el mismo apartado, de acuerdo con lo siguiente:

se ha determinado la pérdida de presión del circuito sumando las pérdidas de presión total de cada tramo. Las pérdidas de carga localizadas se estiman en un 20% al 30% de la producida sobre la longitud real del tramo y se evalúan los elementos de la instalación donde es conocida la pérdida de carga localizada sin necesidad de estimarla.

se ha comprobado la suficiencia de la presión disponible: una vez obtenidos los valores de las pérdidas de presión del circuito, se ha comprobado si son sensiblemente iguales a la presión disponible que queda después de descontar a la presión total, la altura geométrica y la residual del punto de consumo más desfavorable.

#### 4.3.4.1.1.2 Derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace





Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se han dimensionado conforme a lo que se establece en la siguiente tabla. En el resto, se han tenido en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato y han sido dimensionados en consecuencia.

Aparato o punto de consumo	Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos	
	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero (")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavabo	---	16
Inodoro con cisterna	---	16
Ducha	---	16
Bidé	---	16
Lavavajillas doméstico	---	16
Fregadero doméstico	---	16
Lavadero	---	16
Lavadora doméstica	---	20
Bañera de 1,40 m o más	---	20

Los diámetros de los diferentes tramos de la red de suministro se han dimensionado conforme al procedimiento establecido en el apartado 'Tramos', adoptándose como mínimo los siguientes valores:

Tramo considerado	Diámetros mínimos de alimentación	
	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero (")	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	3/4	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	3/4	20
Columna (montante o descendente)	3/4	20
Distribuidor principal	1	25

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.3.4.2.1.3 Redes de A.C.S**

##### **4.3.4.2.1.3.1 Redes de impulsión**

Para las redes de impulsión o ida de A.C.S. se ha seguido el mismo método de cálculo que para redes de agua fría.

##### **4.3.4.2.1.3.2 Redes de retorno**

Para determinar el caudal que circulará por el circuito de retorno, se ha estimado que, en el grifo más alejado, la pérdida de temperatura será como máximo de 3°C desde la salida del acumulador o intercambiador en su caso.

En cualquier caso no se recircularán menos de 250 l/h en cada columna, si la instalación responde a este esquema, para poder efectuar un adecuado equilibrado hidráulico.

El caudal de retorno se estima según reglas empíricas de la siguiente forma:

se considera que recircula el 10% del agua de alimentación, como mínimo. De cualquier forma se considera que el diámetro interior mínimo de la tubería de retorno es de 16 mm.

los diámetros en función del caudal recirculado se indican en la siguiente tabla:

<b>Relación entre diámetro de tubería y caudal recirculado de A.C.S.</b>	
<b>Diámetro de la tubería (pulgadas)</b>	<b>Caudal recirculado (l/h)</b>
1/2	140
3/4	300
1	600
1 1/4	1100
1 1/2	1800
2	3300

##### **4.3.4.2.1.3.3 Aislamiento térmico**

El espesor del aislamiento de las conducciones, tanto en la ida como en el retorno, se ha dimensionado de acuerdo a lo indicado en el 'Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)' y sus 'Instrucciones Técnicas complementarias (ITE)'.

##### **4.3.4.2.1.3.4 Dilatadores**

Para los materiales metálicos se ha aplicado lo especificado en la norma UNE 100 156:1989 y para los materiales termoplásticos lo indicado en la norma UNE ENV 12 108:2002.

En todo tramo recto sin conexiones intermedias con una longitud superior a 25 m se deben adoptar las medidas oportunas para evitar posibles tensiones excesivas de la tubería, motivadas por las contracciones y dilataciones producidas por las variaciones de temperatura. El mejor punto para colocarlos se encuentra equidistante de las derivaciones más próximas en los montantes.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.3.4.2.1.4 Equipos, elementos y dispositivos de la instalación

##### 4.3.4.2.1.4.1 Contadores

El calibre nominal de los distintos tipos de contadores se adecuará, tanto en agua fría como caliente, a los caudales nominales y máximos de la instalación.

##### 4.3.4.1.2 Dimensionado

##### 4.3.4.2.2.1 Acometidas

*Tubo de polietileno PE 100, PN=16 atm, según UNE-EN 12201-2*

Cálculo hidráulico de las acometidas												
Tramo	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>t</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /h)	K	Q(m <sup>3</sup> /h)	h(m.c.a.)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v(m/s)	J(m.c.a.)	P <sub>ent</sub> (m.c.a.)	P <sub>sal</sub> (m.c.a.)
1-2	0.57	0.69	9.90	0.34	3.37	0.30	20.40	25.00	2.86	0.33	39.50	38.87

Abreviaturas utilizadas	
L <sub>r</sub>	Longitud medida sobre planos
L <sub>t</sub>	Longitud total de cálculo (L <sub>r</sub> + L <sub>eq</sub> )
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q <sub>b</sub> x K)
h	Desnivel
D <sub>int</sub>	Diámetro interior
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
v	Velocidad
J	Pérdida de carga del tramo
P <sub>ent</sub>	Presión de entrada
P <sub>sal</sub>	Presión de salida

##### 4.3.4.2.2.2 Tubos de alimentación

*Tubo de acero galvanizado según UNE 19048*

Cálculo hidráulico de los tubos de alimentación												
Tramo	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>t</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /h)	K	Q(m <sup>3</sup> /h)	h(m.c.a.)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v(m/s)	J(m.c.a.)	P <sub>ent</sub> (m.c.a.)	P <sub>sal</sub> (m.c.a.)
2-3	8.52	10.22	9.90	0.34	3.37	-0.30	27.30	25.00	1.60	1.21	34.87	33.46

Abreviaturas utilizadas	
L <sub>r</sub>	Longitud medida sobre planos
L <sub>t</sub>	Longitud total de cálculo (L <sub>r</sub> + L <sub>eq</sub> )
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q <sub>b</sub> x K)
h	Desnivel
D <sub>int</sub>	Diámetro interior
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
v	Velocidad
J	Pérdida de carga del tramo
P <sub>ent</sub>	Presión de entrada
P <sub>sal</sub>	Presión de salida

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.3.4.2.2.3 Instalaciones particulares

##### 4.3.4.2.2.3.1 Instalaciones particulares

Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, PN=6 atm, según UNE-EN ISO 15875-2

Cálculo hidráulico de las instalaciones particulares													
Tramo	T <sub>tub</sub>	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>t</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /h)	K	Q(m <sup>3</sup> /h)	h(m.c.a.)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v(m/s)	J(m.c.a.)	P <sub>ent</sub> (m.c.a.)	P <sub>sal</sub> (m.c.a.)
3-4	Instalación interior (F)	0.88	1.06	9.90	0.34	3.37	0.00	26.20	32.00	1.73	0.15	33.46	33.32
4-5	Instalación interior (F)	1.45	1.74	5.06	0.47	2.36	1.30	20.40	25.00	2.00	0.43	33.32	31.59
5-6	Instalación interior (C)	1.85	2.22	5.06	0.47	2.36	-1.30	20.40	25.00	2.00	0.55	30.59	31.33
6-7	Instalación interior (C)	7.24	8.69	2.61	0.62	1.62	7.24	16.20	20.00	2.18	3.37	31.33	20.72
7-8	Instalación interior (C)	18.70	22.44	1.78	0.72	1.29	5.38	16.20	20.00	1.73	5.68	20.72	9.66
8-9	Instalación interior (C)	0.23	0.27	0.59	0.99	0.59	0.00	16.20	20.00	0.79	0.02	9.66	9.14
9-10	Cuarto húmedo (C)	1.41	1.69	0.59	0.99	0.59	0.00	12.40	16.00	1.35	0.38	9.14	8.76
10-11	Puntal (C)	3.94	4.73	0.36	1.00	0.36	-3.86	12.40	16.00	0.83	0.44	8.76	12.18

#### Abreviaturas utilizadas

T <sub>tub</sub>	Tipo de tubería: F (Agua fría), C (Agua caliente)	D <sub>int</sub>	Diámetro interior
L <sub>r</sub>	Longitud medida sobre planos	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
L <sub>t</sub>	Longitud total de cálculo (L <sub>r</sub> + L <sub>eo</sub> )	v	Velocidad
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto	J	Pérdida de carga del tramo
K	Coefficiente de simultaneidad	P <sub>ent</sub>	Presión de entrada
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q <sub>b</sub> x K)	P <sub>sal</sub>	Presión de salida
h	Desnivel		

Instalación interior: Unifamiliar (Vivienda)

Punto de consumo con mayor caída de presión (Du): Ducha

##### 4.3.4.4.2.2.3.2 Producción de A.C.S

#### Cálculo hidráulico de los equipos de producción de A.C.S.

Referencia	Descripción	Q <sub>cal</sub> (m <sup>3</sup> /h)
Unifamiliar	Caldera a gas para calefacción y ACS	2.36

#### Abreviaturas utilizadas

Q<sub>cal</sub> Caudal de cálculo

#### 4.3.4.2.2.3 Bombas de circulación

Cálculo hidráulico de las bombas de circulación			
Ref	Descripción	Q <sub>cal</sub> (m <sup>3</sup> /h)	P <sub>cal</sub> (m.c.a.)
	Electrobomba centrífuga de tres velocidades, con una potencia de 0,071 kW	0.30	0.75

Abreviaturas utilizadas	
Ref	Referencia de la unidad de ocupación a la que pertenece la bomba de circulación
P <sub>cal</sub>	Presión de cálculo
Q <sub>cal</sub>	Caudal de cálculo

#### 4.3.4.2.2.4 Aislamiento térmico

*Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 23 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.*

*Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 19 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.*

*Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 16 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.*

*Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 29 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.*

*Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 19 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.*

*Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., empotrada en paramento, para la distribución de fluidos calientes (de +40°C a +60°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, con un elevado factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, de 13,0 mm de diámetro interior y 9,5 mm de espesor.*

*Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., empotrada en paramento, para la distribución de fluidos calientes (de +40°C a +60°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, con un elevado factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, de 19,0 mm de diámetro interior y 10,0 mm de espesor.*

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.3.5 HS5: EVACUACIÓN DE AGUAS**

##### **4.3.5.1 Memoria descriptiva**

###### **4.3.5.1.1 Objeto del proyecto**

El objeto de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación de evacuación de aguas, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento de la Exigencia Básica HS 5 Evacuación de aguas del CTE.

###### **4.3.5.1.2 Emplazamiento**

Vilagarcía de Arousa

###### **4.3.5.1.3 Legislación aplicable**

En la realización del proyecto se ha tenido en cuenta el Documento Básico HS Salubridad, así como la norma de cálculo UNE EN 12056 y las normas de especificaciones técnicas de ejecución UNE EN 752 y UNE EN 476.

###### **4.3.5.1.4 Descripción de la instalación**

###### **4.3.5.1.4.1 Descripción general**

Tipo de proyecto: Vivienda unifamiliar

###### **4.3.5.1.5 Características de la instalación**

###### **4.3.5.1.5.1 Tuberías para aguas residuales**

###### **4.3.5.1.5.1.1 Red de pequeña evacuación**

Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, unión pegada con adhesivo.

###### **4.3.5.1.5.1.2 Bajantes**

Bajante interior de la red de evacuación de aguas residuales, de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, unión pegada con adhesivo.

Tubería para ventilación primaria de la red de evacuación de aguas, de PVC, unión pegada con adhesivo.

###### **4.3.5.1.5.1.3 Colectores**

Colector enterrado de saneamiento, sin arquetas, mediante sistema integral registrable, de tubo de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, con junta elástica.

Colector suspendido de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, unión pegada con adhesivo.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.3.5.1.5.1.4 Acometida

Acometida general de saneamiento a la red general del municipio, de tubo de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, pegado mediante adhesivo.

#### 4.3.5.1.5.2 Tuberías para aguas pluviales

##### 4.3.5.1.5.2.1 Red de pequeña evacuación

Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, unión pegada con adhesivo.

##### 4.3.5.1.5.2.2 Bajantes

Bajante interior de la red de evacuación de aguas pluviales, de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, unión pegada con adhesivo.

##### 4.3.5.1.5.2.3 Colectores

Colector enterrado de saneamiento, sin arquetas, mediante sistema integral registrable, de tubo de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, con junta elástica.

##### 4.3.5.1.5.2.4 Acometida

Acometida general de saneamiento a la red general del municipio, de tubo de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, pegado mediante adhesivo.

### 4.3.5.2 Cálculos

#### 4.3.5.2.1 Bases de cálculo

##### 4.3.5.2.1.1 Red de aguas residuales

#### Red de pequeña evacuación

La adjudicación de unidades de desagüe a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de sifones y derivaciones individuales se establecen en la siguiente tabla, en función del uso (privado o público).

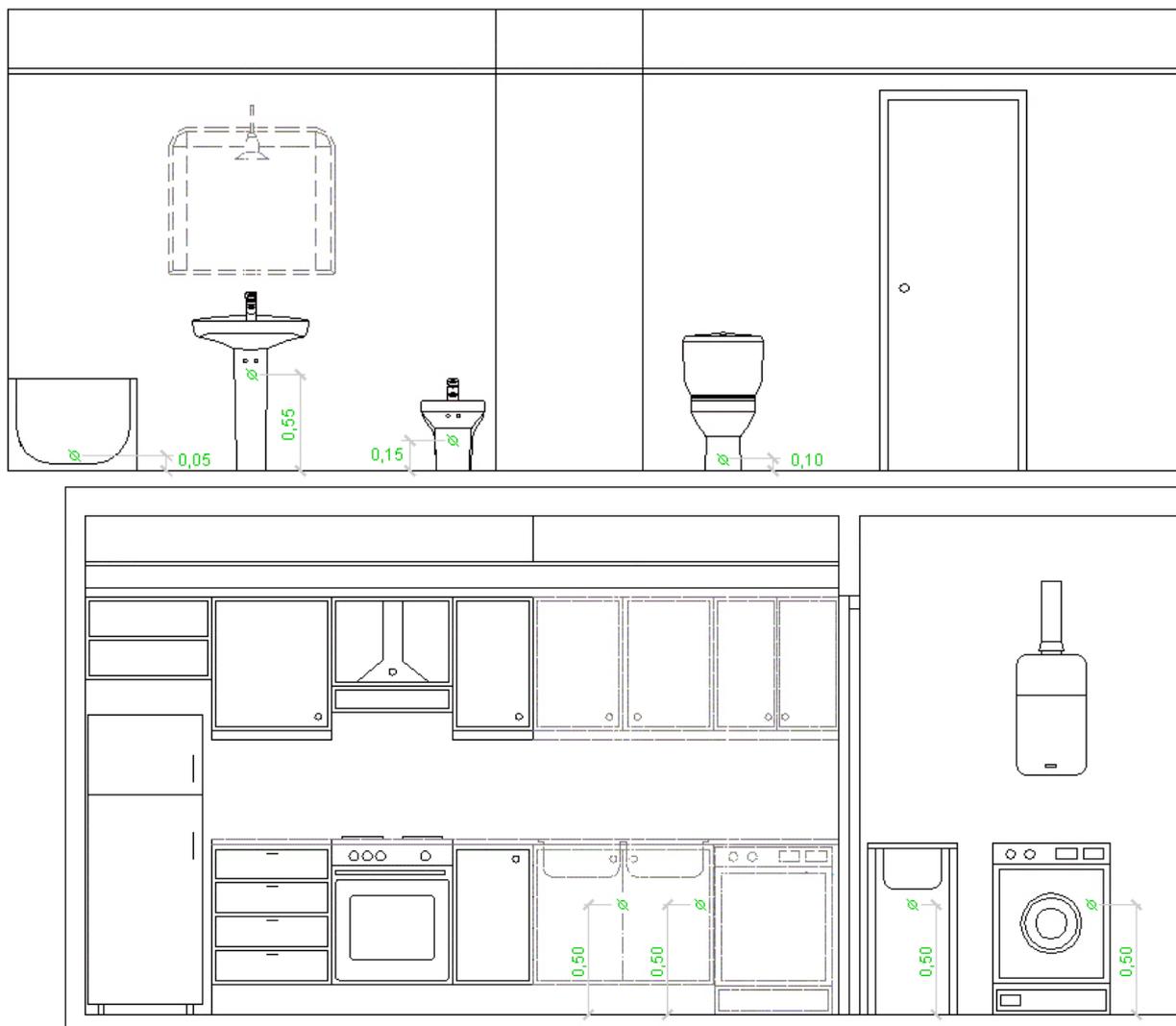
Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe		Diámetro mínimo para el sifón y la derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro con cisterna	4	5	100	100
Inodoro con fluxómetro	8	10	100	100
Urinario con pedestal	-	4	-	50
Urinario suspendido	-	2	-	40
Urinario en batería	-	3.5	-	-
Fregadero doméstico	3	6	40	50
Fregadero industrial	-	2	-	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero	1	3	40	50
Lavavajillas doméstico	3	6	40	50

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Lavadora doméstica	3	6	40	50
Cuarto de baño (Inodoro con cisterna)	7	-	100	-
Cuarto de baño (Inodoro con fluxómetro)	8	-	100	-
Cuarto de aseo (Inodoro con cisterna)	6	-	100	-
Cuarto de aseo (Inodoro con fluxómetro)	8	-	100	-

Los diámetros indicados en la tabla son válidos para ramales individuales cuya longitud no sea superior a 1,5 m.



**Ramales colectores**

Para el dimensionado de ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante, según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector, se ha utilizado la tabla siguiente:

Diámetro(mm)	Máximo número de UDSPendiente		
	1 %	2 %	4 %
32	-	1	1
40	-	2	3
50	-	6	8

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

63	-	11	14
75	-	21	28
90	47	60	75
100	123	151	181
125	180	234	280
160	438	582	800
200	870	1150	1680

### Bajantes

El dimensionado de las bajantes se ha realizado de acuerdo con la siguiente tabla, en la que se hace corresponder el número de plantas del edificio con el número máximo de unidades de desagüe y el diámetro que le corresponde a la bajante, siendo el diámetro de la misma constante en toda su altura y considerando también el máximo caudal que puede descargar desde cada ramal en la bajante:

Diámetro(m m)	Máximo número de UD's, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD's, en cada ramal, para una altura de bajante de:	
	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas
50	10	25	6	6
63	19	38	11	9
75	27	53	21	13
90	135	280	70	53
110	360	740	181	134
125	540	1100	280	200
160	1208	2240	1120	400
200	2200	3600	1680	600
250	3800	5600	2500	1000
315	6000	9240	4320	1650

Los diámetros mostrados, obtenidos a partir de la tabla 4.4 (CTE DB HS 5), garantizan una variación de presión en la tubería menor que 250 Pa, así como un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no supera un tercio de la sección transversal de la tubería.

Las desviaciones con respecto a la vertical se han dimensionado con igual sección a la bajante donde acometen, debido a que forman ángulos con la vertical inferiores a 45°.

### Colectores

El diámetro se ha calculado a partir de la siguiente tabla, en función del número máximo de unidades de desagüe y de la pendiente:

Diámetro(mm)	Máximo número de UD'sPendiente		
	1 %	2 %	4 %
50	-	20	25
63	-	24	29
75	-	38	57
90	96	130	160
110	264	321	382
125	390	480	580
160	880	1056	1300
200	1600	1920	2300
250	2900	3520	4200
315	5710	6920	8290
350	8300	10000	12000

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Los diámetros mostrados, obtenidos de la tabla 4.5 (CTE DB HS 5), garantizan que, bajo condiciones de flujo uniforme, la superficie ocupada por el agua no supera la mitad de la sección transversal de la tubería.

#### 4.3.5.2.1.2 Red de aguas pluviales

##### Red de pequeña evacuación

El número mínimo de sumideros, en función de la superficie en proyección horizontal de la cubierta a la que dan servicio, se ha calculado mediante la siguiente tabla:

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

##### Canalones

El diámetro nominal del canalón con sección semicircular de evacuación de aguas pluviales, para una intensidad pluviométrica dada (100 mm/h), se obtiene de la tabla siguiente, a partir de su pendiente y de la superficie a la que da servicio:

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Régimen pluviométrico: 125 mm/h

Se ha aplicado el siguiente factor de corrección a las superficies equivalentes:

$$f = i / 100$$

siendo:

f: factor de corrección

i: intensidad pluviométrica considerada

La sección rectangular es un 10% superior a la obtenida como sección semicircular.

##### Bajantes

El diámetro correspondiente a la superficie en proyección horizontal servida por cada bajante de aguas pluviales se ha obtenido de la tabla siguiente.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Superficie de cubierta en proyección horizontal(m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1544	160
2700	200

Los diámetros mostrados, obtenidos a partir de la tabla 4.8 (CTE DB HS 5), garantizan una variación de presión en la tubería menor que 250 Pa, así como un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no supera un tercio de la sección transversal de la tubería.

Régimen pluviométrico: 125 mm/h

Igual que en el caso de los canalones, se aplica el factor 'f' correspondiente.

### Colectores

El diámetro de los colectores de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se ha obtenido, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve, de la siguiente tabla:

Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) Pendiente del colector			Diámetro nominal del colector (mm)
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1228	160
1070	1510	2140	200
1920	2710	3850	250
2016	4589	6500	315

Los diámetros mostrados, obtenidos de la tabla 4.9 (CTE DB HS 5), garantizan que, en régimen permanente, el agua ocupa la totalidad de la sección transversal de la tubería.

#### 4.3.5.2.1.3 Redes de ventilación

##### Ventilación primaria

La ventilación primaria tiene el mismo diámetro que el de la bajante de la que es prolongación, independientemente de la existencia de una columna de ventilación secundaria. Se mantiene así la protección del cierre hidráulico.

#### 4.3.5.2.1.4 Sistemas de bombeo y elevación

##### Depósito de recepción

El dimensionamiento del depósito se ha hecho de forma que se limita el número de arranques y paradas de las bombas, considerando aceptable que éstas sean 12 veces a la hora, como máximo.

La capacidad del depósito se ha calculado mediante la expresión:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$V_u = 0.3 \times Q_b$$

siendo:

Vu: capacidad del depósito (m<sup>3</sup>)

Qb: caudal de la bomba (dm<sup>3</sup>/s)

En el cálculo de la capacidad del depósito se ha considerado que ésta es mayor que la mitad de la aportación media diaria de aguas residuales.

El caudal de entrada de aire al depósito es igual al de las bombas.

El diámetro de la tubería de ventilación es, como mínimo, igual a la mitad del de la acometida y, al menos, de 80 mm.

### **Bombas de elevación**

El caudal de cada bomba se ha calculado incrementando un 25% el caudal de aportación, siendo todas las bombas iguales.

La presión manométrica de la bomba se ha obtenido como resultado de sumar la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe elevar las aguas y el nivel mínimo de las mismas en el depósito, y la pérdida de presión producida a lo largo de la tubería desde la boca de la bomba hasta el punto más elevado, afectando dicha longitud por un coeficiente de seguridad de 1.20. La pérdida de presión ha sido calculada mediante la fórmula de Darcy-Weisbach.

Desde el punto de conexión con el colector horizontal, o desde el punto de elevación, la tubería se ha dimensionado del mismo modo que los colectores horizontales.

#### **4.3.5.2.1.5 Dimensionamiento hidráulico**

El caudal se ha calculado mediante la siguiente formulación:

Residuales (UNE-EN 12056-2)

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p$$

siendo:

Qtot: caudal total (l/s)

Qww: caudal de aguas residuales (l/s)

Qc: caudal continuo (l/s)

Qp: caudal de aguas residuales bombeado (l/s)

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum UD}$$

siendo:

K: coeficiente por frecuencia de uso

Sum(UD): suma de las unidades de descarga

Pluviales (UNE-EN 12056-3)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$Q = C \times I \times A$$

siendo:

Q: caudal (l/s)

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad (l/s.m<sup>2</sup>)

A: área (m<sup>2</sup>)

**Las tuberías horizontales se han calculado con la siguiente formulación:**

Se ha verificado el diámetro empleando la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

siendo:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

n: coeficiente de manning

A: área de la tubería ocupada por el fluido (m<sup>2</sup>)

R<sub>h</sub>: radio hidráulico (m)

i: pendiente (m/m)

**Las tuberías verticales se calculan con la siguiente formulación:**

Residuales

Se ha verificado el diámetro empleando la fórmula de Dawson y Hunter:

$$Q = 3.15 \times 10^{-4} \times r^{5/3} \times D^{8/3}$$

siendo:

Q: caudal (l/s)

r: nivel de llenado

D: diámetro (mm)

Pluviales (UNE-EN 12056-3)

Se ha verificado el diámetro empleando la fórmula de Wylie-Eaton:

$$Q_{RWP} = 2.5 \times 10^{-4} \times k_b^{-1/6} \times d_i^{8/3} \times f^{5/3}$$

siendo:

Q<sub>RWP</sub>: caudal (l/s)

k<sub>b</sub>: rugosidad (0.25 mm)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

d<sub>i</sub>: diámetro (mm)

f: nivel de llenado

#### 4.3.5.2.2 Dimensionado

##### 4.3.5.2.2.1 Red de aguas residuales

Acometida 1

Red de pequeña evacuación											
Tramo	L(m)	i(%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /h)	K	Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Y/D(%)	v(m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
7-8	1.47	2.00	5.00	75	8.46	0.71	5.98	48.26	0.93	69	75
8-9	1.76	2.32	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32
8-10	2.05	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
8-11	1.15	3.57	2.00	32	3.38	1.00	3.38	-	-	26	32
7-12	0.67	2.00	4.00	110	6.77	1.00	6.77	-	-	104	110
13-14	1.80	1.00	5.00	90	8.46	0.71	5.98	43.92	0.72	84	90
14-15	0.87	4.00	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32
14-16	2.02	2.26	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
14-17	2.28	2.00	2.00	32	3.38	1.00	3.38	-	-	26	32
13-18	0.77	2.00	4.00	110	6.77	1.00	6.77	-	-	104	110
24-25	2.39	2.00	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
24-26	2.73	2.00	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
29-30	1.26	1.00	6.00	90	10.15	0.71	7.18	48.75	0.75	84	90
30-31	1.19	3.09	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32
30-32	1.11	3.33	2.00	32	3.38	1.00	3.38	-	-	26	32
30-33	1.84	2.00	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
29-34	0.69	2.00	4.00	110	6.77	1.00	6.77	-	-	104	110
38-39	1.49	2.00	3.00	75	5.08	1.00	5.08	43.95	0.89	69	75
39-40	1.40	2.00	1.00	32	1.69	1.00	1.69	-	-	26	32
39-41	1.24	2.25	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
38-42	0.55	2.00	4.00	110	6.77	1.00	6.77	-	-	104	110
5-44	2.07	6.73	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40
5-45	2.07	6.72	3.00	40	5.08	1.00	5.08	-	-	34	40

#### Abreviaturas utilizadas

L	Longitud medida sobre planos	Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
i	Pendiente	Y/D	Nivel de llenado
UDs	Unidades de desagüe	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
K	Coefficiente de simultaneidad		

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Acometida 1**

Bajantes									
Ref.	L(m)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Qb(m <sup>3</sup> /h)	K	Cálculo hidráulico			
						Qs(m <sup>3</sup> /h)	r	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
7-13	3.33	9.00	110	15.23	0.58	8.79	0.129	104	110
27-28	3.33	10.00	110	16.92	0.58	9.77	0.137	104	110
28-29	4.33	10.00	110	16.92	0.58	9.77	0.137	104	110
36-37	3.33	7.00	110	11.84	0.71	8.37	0.125	104	110
37-38	4.33	7.00	110	11.84	0.71	8.37	0.125	104	110

**Abreviaturas utilizadas**

Ref.	Referencia en planos	K	Coefficiente de simultaneidad
L	Longitud medida sobre planos	Qs	Caudal con simultaneidad (Qb x k)
UDs	Unidades de desagüe	r	Nivel de llenado
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Qb	Caudal bruto	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

**Acometida 1**

Colectores											
Tramo	L(m)	i(%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Qb(m <sup>3</sup> /h)	K	Cálculo hidráulico				
							Qs(m <sup>3</sup> /h)	Y/D(%)	v(m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
1-2	1.36	2.00	47.00	160	79.52	0.24	18.74	28.69	1.21	152	160
2-3	1.00	20.06	47.00	160	79.52	0.24	18.74	15.94	2.73	154	160
4-5	4.88	2.00	47.00	160	79.52	0.24	18.74	28.28	1.21	154	160
5-6	3.49	2.00	41.00	160	69.37	0.25	17.34	27.18	1.18	154	160
6-7	1.74	1.00	18.00	110	30.46	0.38	11.51	46.02	0.84	104	110
6-21	6.55	2.00	23.00	160	38.92	0.35	13.76	24.17	1.11	154	160
21-22	3.85	2.00	23.00	160	38.92	0.35	13.76	24.17	1.11	154	160
22-23	3.75	2.00	16.00	160	27.07	0.45	12.11	22.67	1.07	154	160
23-24	0.23	2.00	6.00	160	10.15	1.00	10.15	20.77	1.01	154	160
23-27	1.92	1.00	10.00	110	16.92	0.58	9.77	41.97	0.81	104	110
22-36	2.05	1.00	7.00	110	11.84	0.71	8.37	38.58	0.78	104	110

**Abreviaturas utilizadas**

L	Longitud medida sobre planos	Qs	Caudal con simultaneidad (Qb x k)
i	Pendiente	Y/D	Nivel de llenado
UDs	Unidades de desagüe	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Qb	Caudal bruto	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
K	Coefficiente de simultaneidad		

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Acometida 1**

Arquetas					
Ref.	Ltr(m)	ic(%)	D <sub>sal</sub> (mm)	Dimensiones comerciales(cm)	
2	1.36	2.00	160	60x60x50 cm	
5	4.88	2.00	160	125x125x130 cm	
6	3.49	2.00	160	100x100x125 cm	
21	6.55	2.00	160	100x100x110 cm	
22	3.85	2.00	160	80x80x100 cm	
23	3.75	2.00	160	70x70x90 cm	
24	0.23	2.00	160	70x70x85 cm	

Abreviaturas utilizadas

Ref.	Referencia en planos	ic	Pendiente del colector
Ltr	Longitud entre arquetas	D <sub>sal</sub>	Diámetro del colector de salida

**4.3.5.2.2.2 Red de aguas pluviales**

Para el término municipal seleccionado (Vilagarcía de Arousa) la isoyeta es '10' y la zona pluviométrica 'A'. Con estos valores le corresponde una intensidad pluviométrica '125 mm/h'.

**Acometida 2**

Sumideros									
Tramo	A(m <sup>2</sup> )	L(m)	i(%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	I(mm/h)	C	Cálculo hidráulico	
								Y/D(%)	v(m/s)
58-59	36.18	0.35	2.00	-	40	125.00	1.00	-	-
63-64	36.22	0.37	2.00	-	40	125.00	1.00	-	-
69-70	36.20	0.34	2.00	-	40	125.00	1.00	-	-
74-75	36.23	0.35	2.00	-	40	125.00	1.00	-	-

Abreviaturas utilizadas

A	Área de descarga al sumidero	I	Intensidad pluviométrica
L	Longitud medida sobre planos	C	Coefficiente de escorrentía
i	Pendiente	Y/D	Nivel de llenado
UDs	Unidades de desagüe	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo		

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Acometida 2**

Bajantes								
Ref.	A(m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	I(mm/h)	C	Q(m <sup>3</sup> /h)	Cálculo hidráulico		
						f	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
55-56	36.18	75	125.00	1.00	4.52	0.165	69	75
56-57	36.18	75	125.00	1.00	4.52	0.165	69	75
57-58	36.18	75	125.00	1.00	4.52	0.165	69	75
60-61	36.22	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
61-62	36.22	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
62-63	36.22	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
66-67	36.20	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
67-68	36.20	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
68-69	36.20	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
71-72	36.23	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
72-73	36.23	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75
73-74	36.23	75	125.00	1.00	4.53	0.165	69	75

Abreviaturas utilizadas

A	Área de descarga a la bajante	Q	Caudal
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	f	Nivel de llenado
I	Intensidad pluviométrica	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
C	Coefficiente de escorrentía	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

**Acometida 2**

Colectores								
Tramo	L(m)	i(%)	D <sub>min</sub> (mm)	Q <sub>c</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Y/D(%)	Cálculo hidráulico		
						v(m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
46-47	1.36	2.00	160	18.10	28.18	1.20	152	160
47-48	0.78	25.61	160	18.10	14.78	2.95	154	160
49-50	2.54	2.00	160	18.10	27.78	1.20	154	160
50-51	12.10	2.00	160	9.05	19.63	0.98	154	160
51-52	8.41	2.00	160	4.52	14.00	0.80	154	160
52-53	1.00	2.00	160	4.52	14.00	0.80	154	160
53-54	3.22	2.00	160	4.52	14.00	0.80	154	160
54-55	0.40	50.04	160	4.52	6.51	2.45	154	160
51-60	0.36	55.83	160	4.53	6.35	2.55	154	160
50-65	12.17	2.00	160	4.53	14.00	0.80	154	160
65-66	0.07	268.52	160	4.53	4.39	4.40	154	160
50-71	0.28	155.73	160	4.53	4.99	3.64	154	160

Abreviaturas utilizadas

L	Longitud medida sobre planos	Y/D	Nivel de llenado
i	Pendiente	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Q <sub>c</sub>	Caudal calculado con simultaneidad	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Acometida 2**

Arquetas				
Ref.	Ltr(m)	ic(%)	D <sub>sal</sub> (mm)	Dimensiones comerciales(cm)
47	1.36	2.00	160	60x60x50 cm
50	2.54	2.00	160	80x80x100 cm
51	12.10	2.00	160	60x60x75 cm
54	3.22	2.00	160	60x60x50 cm
65	12.17	2.00	160	60x60x50 cm

Abreviaturas utilizadas

Ref.	Referencia en planos	ic	Pendiente del colector
Ltr	Longitud entre arquetas	D <sub>sal</sub>	Diámetro del colector de salida

**4.3.5.2.2.3 Sistemas de bombeo y elevación**

**Acometida 1**

Sistemas de bombeo y elevación				
Ref.	Descripción	Q <sub>c</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Pr <sub>d</sub> (m.c.a.)
4	Conjunto de dos bombas iguales en funcionamiento alternativo, siendo cada una de ellas una electrobomba sumergible con impulsor vórtex para achique de aguas residuales y fecales con cuerpos en suspensión o filamentosos, construida en hierro fundido, con una potencia de 1,8 kW	9.37	11.71	5.75

Abreviaturas utilizadas

Ref.	Referencia en planos	Q <sub>d</sub>	Caudal de diseño
Q <sub>c</sub>	Caudal calculado con simultaneidad	Pr <sub>d</sub>	Presión de diseño

**Acometida 2**

Sistemas de bombeo y elevación				
Ref.	Descripción	Q <sub>c</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Pr <sub>d</sub> (m.c.a.)
49	Conjunto de dos bombas iguales en funcionamiento alternativo, siendo cada una de ellas una electrobomba sumergible con impulsor vórtex para achique de aguas residuales y fecales con cuerpos en suspensión o filamentosos, construida en hierro fundido, con una potencia de 1,8 kW	18.10	22.63	5.75

Abreviaturas utilizadas

Ref.	Referencia en planos	Q <sub>d</sub>	Caudal de diseño
Q <sub>c</sub>	Caudal calculado con simultaneidad	Pr <sub>d</sub>	Presión de diseño

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4-4 PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

## **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO**

### **INDICE**

4.4)	<b><u>PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO</u></b>	<b>Pág. 454</b>
4.4.1)	<b><u>FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN GENERAL DE AISLAMIENTO ACÚSTICO</u></b>	<b>Pág. 454</b>
4.4.2)	<b><u>ESTUDIO ACÚSTICO DEL EDIFICIO</u></b>	<b>Pág. 456</b>
4.4.2.1)	Representación estadística de los resultados del aislamiento acústico del edificio	Pág. 457
4.4.2.2)	Resultados de la estimación del aislamiento acústico	Pág. 457
4.4.2.3)	Justificación de resultados del cálculo de aislamiento acústico	Pág. 458
4.4.2.3.1)	Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior	Pág. 458

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.4 PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

##### 4.4.1 FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN GENERAL DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Las tablas siguientes recogen las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico, calculado mediante la opción general de cálculo recogida en el punto 3.1.3 (CTE DB HR), correspondiente al modelo simplificado para la transmisión acústica estructural de la UNE EN 12354, partes 1, 2 y 3.

<b>Tabiquería:</b>		<b>Características</b>	
<b>Tipo</b>		<b>en proyecto</b>	<b>exigido</b>
Partición de placas de cartón yeso		m (kg/m <sup>2</sup> )= 51.9 <b>R<sub>A</sub> (dBA) = 33.5</b>	≥ 33
Partición de placas de cartón yeso		m (kg/m <sup>2</sup> )= 63.4 <b>R<sub>A</sub> (dBA) = 34.9</b>	≥ 33
Partición de placas de cartón yeso		m (kg/m <sup>2</sup> )= 74.9 <b>R<sub>A</sub> (dBA) = 36.1</b>	≥ 33

<b>Elementos de separación verticales entre:</b>					
<b>Recinto emisor</b>	<b>Recinto receptor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Características</b>	<b>Aislamiento acústico</b>	
				<b>en proyecto</b>	<b>exigido</b>
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup> (si los recintos no comparten puertas ni ventanas)	<b>Protegido</b>	Elemento base		<b>No procede</b>	
		Trasdosado		<b>No procede</b>	
		Puerta o ventana		<b>No procede</b>	
		Cerramiento		<b>No procede</b>	
De instalaciones		Elemento base		<b>No procede</b>	
		Trasdosado		<b>No procede</b>	
De actividad		Elemento base		<b>No procede</b>	
		Trasdosado		<b>No procede</b>	
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup> (si los recintos no comparten puertas ni ventanas)	<b>Habitable</b>	Elemento base		<b>No procede</b>	
		Trasdosado		<b>No procede</b>	
Cualquier recinto no perteneciente		Puerta o ventana		<b>No procede</b>	

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

a la unidad de uso <sup>(1)(2)</sup> (si los recintos comparten puertas o ventanas)	Cerramiento	<b>No procede</b>
De instalaciones	Elemento base	
	Trasdosado	<b>No procede</b>
De instalaciones (si los recintos comparten puertas o ventanas)	Puerta o ventana	<b>No procede</b>
	Cerramiento	<b>No procede</b>
De actividad	Elemento base	
	Trasdosado	<b>No procede</b>
De actividad (si los recintos comparten puertas o ventanas)	Puerta o ventana	<b>No procede</b>
	Cerramiento	<b>No procede</b>

(1) Siempre que no sea recinto de instalaciones o recinto de actividad

(2) Sólo en edificios de uso residencial o sanitario

<b>Elementos de separación horizontales entre:</b>					
<b>Recinto emisor</b>	<b>Recinto receptor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Características</b>	<b>Aislamiento acústico</b>	
				<b>en proyecto</b>	<b>exigido</b>
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup>		Forjado			
	<b>Protegido</b>	Suelo flotante		<b>No procede</b>	
		Techo suspendido			
De instalaciones		Forjado			
		Suelo flotante		<b>No procede</b>	
		Techo suspendido			
De actividad		Forjado			
		Suelo flotante		<b>No procede</b>	
		Techo suspendido			
Cualquier recinto no perteneciente a la unidad de uso <sup>(1)</sup>	<b>Habitable</b>	Forjado			
		Suelo flotante		<b>No procede</b>	
		Techo suspendido			
De instalaciones		Forjado		<b>No procede</b>	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

De actividad	Suelo flotante	
	Techo suspendido	
	Forjado	
	Suelo flotante	<b>No procede</b>
	Techo suspendido	

(1) Siempre que no sea recinto de instalaciones o recinto de actividad

**Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior:**

Ruido exterior	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico	
			en proyecto	exigido
L <sub>d</sub> = 60 dBA	Protegido (Dormitorio)	Parte ciega:		
		<b>Muro de mampostería de granito e=70 cm - Trasdoso de cartón yeso</b>		
		<b>Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)</b>		
		Huecos:		
		<b>Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 8/10/6 templa.lite azul.lite color azul</b>	D <sub>2m,nT,Atr</sub> =	<b>33 dBA ≥ 30 dBA</b>

La tabla siguiente recoge la situación exacta en el edificio de cada recinto receptor, para los valores más desfavorables de aislamiento acústico calculados (D<sub>nT,A</sub>, L'<sub>nT,w</sub>, y D<sub>2m,nT,Atr</sub>), mostrados en las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico impuestos en el Documento Básico CTE DB HR, calculados mediante la opción general.

Tipo de cálculo	Emisor	Tipo	Recinto receptor	
			Planta	Nombre del recinto
Ruido aéreo exterior en fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior		Protegido	Bajo Cubierta	Dormitorio principal (Dormitorio)

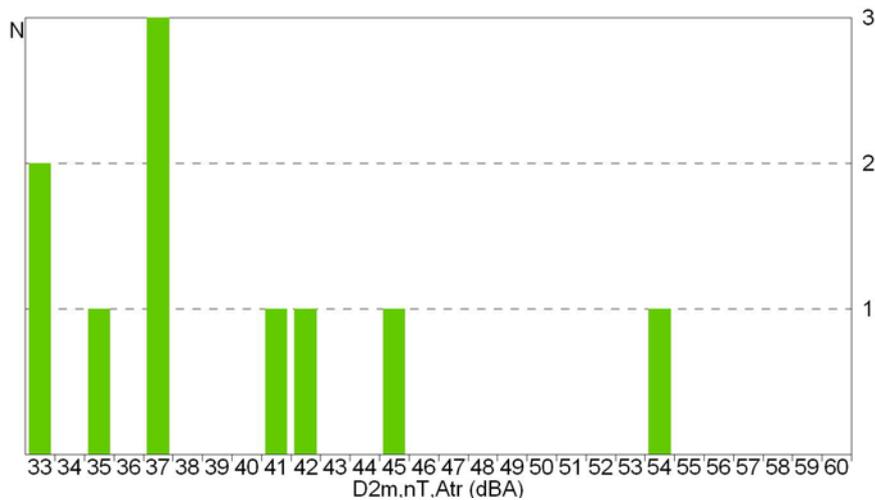
#### 4.4.2 ESTUDIO ACÚSTICO DEL EDIFICIO

El presente estudio del aislamiento acústico del edificio es el resultado del cálculo de todas las posibles combinaciones de parejas de emisores y receptores acústicos presentes en el edificio, conforme a la normativa vigente (CTE DB HR), obtenido en base a los métodos de cálculo para la estimación de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos, nivel de ruido de impacto entre recintos y aislamiento a ruido aéreo proveniente del exterior, descritos en las normas UNE EN 12354-1,2,3.

#### 4.4.2.1 Representación estadística de los resultados del aislamiento acústico del edificio

##### Resumen del aislamiento a ruido aéreo exterior

Se han contabilizado 10 recintos protegidos del edificio, con superficies expuestas al exterior. El aislamiento acústico medio a ruido aéreo frente al ruido procedente del exterior en estos recintos es de 39.4 dB, con una desviación estándar de 6.4 dB. Se muestra a continuación la distribución frecuencial de los resultados obtenidos para la diferencia de nivel estandarizada, ponderada A ( $D_{2m,nT,Atr}$ ):



#### 4.4.2.2 Resultados de la estimación del aislamiento acústico

Se presentan aquí los resultados más desfavorables de aislamiento acústico calculados en el edificio, clasificados de acuerdo a las distintas combinaciones de recintos emisores y receptores presentes en la normativa vigente.

En concreto, se comprueba aquí el cumplimiento de las exigencias acústicas descritas en el Apartado 2.1 (CTE DB HR), sobre los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo interior y exterior, y de aislamiento acústico a ruido de impactos, para los recintos habitables y protegidos del edificio.

Los resultados finales mostrados se acompañan de los valores intermedios más significativos, presentando el detalle de los resultados obtenidos en el capítulo de justificación de resultados de este mismo documento, para cada una de las entradas en las tablas de resultados.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Aislamiento a ruido aéreo exterior

Id Recinto receptor	% huecos	R <sub>Atr,Dd</sub> (dBA)	R' <sub>Atr</sub> (dBA)	S <sub>S</sub> (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	D <sub>2m,nT,Atr</sub> exigido	D <sub>2m,nT,Atr</sub> proyecto
1 Dormitorio principal (Dormitorio), Bajo Cubierta	6.5	38.3	37.4	53.89	66.9	30	33

Notas:

Id: Identificador de la ficha de cálculo detallado para la entrada de resultados en la tabla  
 % huecos: Porcentaje de área hueca respecto al área total  
 R<sub>Atr,Dd</sub>: Índice ponderado de reducción acústica para la transmisión directa  
 R'<sub>Atr</sub>: Índice de reducción acústica aparente  
 S<sub>S</sub>: Área total en contacto con el exterior  
 V: Volumen del recinto receptor  
 D<sub>2m,nT,Atr</sub>: Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A

#### 4.4.2.3 Justificación de resultados del cálculo de aislamiento acústico

##### 4.4.2.3.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior

Se presenta a continuación el cálculo detallado de la estimación de aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior, para los valores más desfavorables presentados en las tablas resumen del capítulo anterior, según el modelo simplificado para la transmisión estructural descrito en UNE EN 12354-3:2000, que utiliza para la predicción del índice ponderado de reducción acústica aparente global, los índices ponderados de los elementos involucrados, según los procedimientos de ponderación descritos en la norma UNE EN ISO 717-1.

Para la adecuada correspondencia entre la justificación de cálculo y la presentación de resultados del capítulo anterior, se numeran las fichas siguientes conforme a la numeración de las entradas en las tablas resumen de resultados.

#### 1 Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, D<sub>2m,nT,Atr</sub>

<b>Tipo de recinto receptor:</b>	Dormitorio principal (Dormitorio)	Protegido (Dormitorio)
<b>Situación del recinto receptor:</b>		Bajo Cubierta
<b>Índice de ruido día considerado, L<sub>d</sub>:</b>		60 dBA
<b>Tipo de ruido exterior:</b>		Automóviles
<b>Área total en contacto con el exterior, S<sub>S</sub>:</b>		53.9 m <sup>2</sup>
<b>Volumen del recinto receptor, V:</b>		66.9 m <sup>3</sup>

$$D_{2m,nT,Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + 10 \log \left( \right) = 33 \text{ dBA} \geq 30 \text{ dBA}$$



$$R'_{Atr} = -10 \log \left( 10^{-0.1R_{Dd,Atr}} + \sum_{f=F+1}^n 10^{-0.1R_{Ff,Atr}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0.1R_{Df,Atr}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0.1R_{Fd,Atr}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0.1D_{n,ai,Atr}} \right) = 37.4 \text{ dBA}$$

**Datos de entrada para el cálculo:**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### Fachada

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub> (dBA)	Revestimiento interior	ΔR <sub>d,Atr</sub> (dBA)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	9.01
Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	8.67
Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	7.59

### Huecos en fachada

Huecos en fachada	R <sub>w</sub> (dB)	C <sub>tr</sub> (dB)	R <sub>Atr</sub> (dBA)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 8/10/6 templ.lite azul.lite color azul	35.0	-3	32.0	2.58
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 8/10/6 templ.lite azul.lite color azul	35.0	-3	32.0	0.45
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 8/10/6 templ.lite azul.lite color azul	35.0	-3	32.0	0.45

### Cubierta

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub> (dBA)	Revestimiento interior	ΔR <sub>d,Atr</sub> (dBA)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	4.29
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	13.47
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	7.37

### Elementos de flanco

Elemento estructural básico	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub> (dBA)	Revestimiento	ΔR <sub>Atr</sub> (dBA)	L <sub>f</sub> (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	Uniones
F1 Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5		0	0.8	11.6	
f1 Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F2 Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5		0	3.3	11.6	
f2 Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F3 Sin flanco emisor							
f3 Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	1.5	11.6	
F4 Sin flanco emisor					1.5	11.6	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

f4	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0			
F5	Sin flanco emisor							
f5	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	0.9	9.1	
F6	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5		0			
f6	Forjado de madera de roble	283	46.0	Suelo flotante con poliestireno expandido elasticado con grafito. Entarimado tradicional sobre rastreles	0	3.7	9.1	
F7	Sin flanco emisor							
f7	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	4.9	9.1	
F8	Sin flanco emisor							
f8	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	0.9	8.0	
F9	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5		0	3.9	8.0	
f9	Partición de placas de cartón yeso	63	34.9	Placas de cartón yeso	0			
F10	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5		0			
f10	Forjado de madera de roble	283	46.0	Suelo flotante con poliestireno expandido elasticado con grafito. Entarimado tradicional sobre rastreles	0	3.4	8.0	
F11	Sin flanco emisor							
f11	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	4.5	8.0	
F12	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	2.1	25.1	
f12	Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F13	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	0.5	25.1	
f13	Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F14	Sin flanco emisor							
f14	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	1.5	25.1	
F15	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	1.5	25.1	
f15	Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F16	Sin flanco emisor							
f16	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	1.5	25.1	
F17	Sin flanco emisor							
f17	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	4.9	25.1	
F18	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	2.5	25.1	
f18	Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F19	Sin flanco emisor							
f19	Muro de mampostería de granito e=70 cm	1820	74.5	Trasdosado de cartón yeso	0	4.5	25.1	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

F20	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	0.3	25.1	
f20	Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F21	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	0.1	25.1	
f21	Partición de placas de cartón yeso	52	33.5	Placas de cartón yeso	0			
F22	Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	89	36.4		0	2.7	25.1	
f22	Partición de placas de cartón yeso	63	34.9	Placas de cartón yeso	0			

**Cálculo de aislamiento acústico a ruido aéreo en fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior:**

**Contribución directa,  $R_{Dd,Atr}$ :**

Elemento separador	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Dd,At}$ (dBA)	$R_{Dd,Atr}$ (dBA)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Dd,m,Atr}$ (dBA)	$\tau_{Dd}$
Muro de mampostería de granito e=70 cm	74.5	0	74.5	53.9	9.0	82.3	5.93559e-009
Muro de mampostería de granito e=70 cm	74.5	0	74.5	53.9	8.7	82.4	5.7087e-009
Muro de mampostería de granito e=70 cm	74.5	0	74.5	53.9	7.6	83.0	4.99601e-009
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 8/10/6 templ.lite azul.lite color azul	32.0		32.0	53.9	2.6	45.2	3.01665e-005
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 8/10/6 templ.lite azul.lite color azul	32.0		32.0	53.9	0.5	52.7	5.31111e-006
Ventana de doble acristalamiento low.s "unión vidriera aragonesa", low.s 8/10/6 templ.lite azul.lite color azul	32.0		32.0	53.9	0.5	52.7	5.31111e-006
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	36.4	0	36.4	53.9	4.3	47.4	1.82267e-005
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	36.4	0	36.4	53.9	13.5	42.4	5.72591e-005
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	36.4	0	36.4	53.9	7.4	45.0	3.13526e-005
						<b>38.3</b>	<b>0.000147644</b>

**Contribución de Flanco a flanco,  $R_{Ff,Atr}$ :**

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Ff,At}$ (dBA)	$K_{Ff}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Ff,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_s \cdot \tau_{Ff}$
1	74.5	33.5	0	25.4	0.8	11.6	90.9	1.74839e-010
2	74.5	33.5	0	25.4	3.3	11.6	84.9	6.96045e-010
6	74.5	46.0	0	9.4	3.7	9.1	73.6	7.39067e-009
9	74.5	34.9	0	17.8	3.9	8.0	75.7	4.01642e-009
10	74.5	46.0	0	9.4	3.4	8.0	73.3	6.97974e-009
12	36.4	33.5	0	12.3	2.1	25.1	58.0	7.39142e-007
13	36.4	33.5	0	12.3	0.5	25.1	64.0	1.85664e-007
15	36.4	33.5	0	12.3	1.5	25.1	59.4	5.35461e-007
18	36.4	33.5	0	12.3	2.5	25.1	57.3	8.68416e-007
20	36.4	33.5	0	12.3	0.3	25.1	66.4	1.06838e-007
21	36.4	33.5	0	12.3	0.1	25.1	70.4	4.25332e-008
22	36.4	34.9	0	5.8	2.7	25.1	51.2	3.53775e-006
							<b>52.2</b>	<b>6.03506e-006</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Contribución de Flanco a directo,  $R_{Fd,Atr}$ :**

Flanco	$R_{F,Atr}$ (dBA)	$R_{d,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Fd,At}$ r (dBA)	$K_{Fd}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Fd,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_{S-\tau_{Fd}}$
1	74.5	74.5	0	-0.9*	0.8	11.6	85.1	6.64718e-010
2	74.5	74.5	0	-0.9*	3.3	11.6	79.1	2.64629e-009
6	74.5	74.5	0	-2.0*	3.7	9.1	76.5	3.79039e-009
9	74.5	74.5	0	7.8*	3.9	8.0	85.5	4.20571e-010
10	74.5	74.5	0	-2.0	3.4	8.0	76.2	3.57964e-009
12	36.4	36.4	0	2.7	2.1	25.1	49.8	4.88346e-006
13	36.4	36.4	0	2.7	0.5	25.1	55.9	1.19875e-006
15	36.4	36.4	0	2.7	1.5	25.1	51.2	3.53775e-006
18	36.4	36.4	0	2.7	2.5	25.1	49.2	5.60696e-006
20	36.4	36.4	0	2.7	0.3	25.1	58.3	6.89807e-007
21	36.4	36.4	0	2.7	0.1	25.1	62.3	2.74617e-007
22	36.4	36.4	0	3.7	2.7	25.1	49.8	4.88346e-006
							<b>46.8</b>	<b>2.10859e-005</b>

**Contribución de Directo a flanco,  $R_{Df,Atr}$ :**

Flanco	$R_{D,Atr}$ (dBA)	$R_{f,Atr}$ (dBA)	$\Delta R_{Df,At}$ r (dBA)	$K_{Df}$ (dB)	$L_f$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Df,Atr}$ (dBA)	$S_i/S_{S-\tau_{Df}}$
1	74.5	33.5	0	25.4	0.8	11.6	90.9	1.74839e-010
2	74.5	33.5	0	25.4	3.3	11.6	84.9	6.96045e-010
3	74.5	36.4	0	16.7	1.5	11.6	81.1	1.6697e-009
4	74.5	36.4	0	16.7	1.5	11.6	81.1	1.6697e-009
5	74.5	74.5	0	-2.0	0.9	9.1	82.8	8.88554e-010
6	74.5	46.0	0	9.4	3.7	9.1	73.6	7.39067e-009
7	74.5	36.4	0	16.7	4.9	9.1	74.8	5.6064e-009
8	74.5	74.5	0	-2.0	0.9	8.0	82.2	8.99165e-010
9	74.5	34.9	0	17.8	3.9	8.0	75.7	4.01642e-009
10	74.5	46.0	0	9.4	3.4	8.0	73.3	6.97974e-009
11	74.5	36.4	0	16.7	4.5	8.0	74.6	5.17415e-009
12	36.4	33.5	0	12.3	2.1	25.1	58.0	7.39142e-007
13	36.4	33.5	0	12.3	0.5	25.1	64.0	1.85664e-007
14	36.4	74.5	0	16.7	1.5	25.1	84.4	1.69328e-009
15	36.4	33.5	0	12.3	1.5	25.1	59.4	5.35461e-007
16	36.4	74.5	0	16.7	1.5	25.1	84.5	1.65473e-009
17	36.4	74.5	0	16.7	4.9	25.1	79.2	5.60696e-009
18	36.4	33.5	0	12.3	2.5	25.1	57.3	8.68416e-007
19	36.4	74.5	0	16.7	4.5	25.1	79.6	5.11361e-009
20	36.4	33.5	0	12.3	0.3	25.1	66.4	1.06838e-007
21	36.4	33.5	0	12.3	0.1	25.1	70.4	4.25332e-008
22	36.4	34.9	0	5.8	2.7	25.1	51.2	3.53775e-006
							<b>52.2</b>	<b>6.06504e-006</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

(\*) Valor mínimo para el índice de reducción vibracional, obtenido según relaciones de longitud y superficie en la unión entre elementos constructivos, conforme a la ecuación 23 de UNE EN 12354-1.

**Índice global de reducción acústica aparente, ponderado A,  $R'_{Atr}$ :**

---

	$R'_{Atr}$ (dBA)	$\tau$
$R_{Dd,At}$	38.3	0.000147644
$R_{Ff,Atr}$	52.2	6.03506e-006
$R_{Fd,Atr}$	46.8	2.10859e-005
$R_{Df,Atr}$	52.2	6.06504e-006
	<b>37.4</b>	0.00018083

**Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A,  $D_{2m,nT,Atr}$ :**

---

$R'_{Atr}$ (dBA)	$\Delta L_{fs}$ (dBA)	V (m <sup>3</sup> )	$T_0$ (s)	$S_S$ (m <sup>2</sup> )	$D_{2m,nT,A}$ (dBA)
37.4	0	66.9	0.5	53.9	<b>33</b>

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 4-5 AHORRO DE ENERGÍA

## **AHORRO DE ENERGIA**

### **INDICE**

<b>4.5) <u>AHORRO DE ENERGÍA</u></b>	<b>Pág. 467</b>
<b>4.5.1) <u>HE O: LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO</u></b>	<b>Pág. 467</b>
<b>4.5.2) <u>HE 1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA</u></b>	<b>Pág. 467</b>
4.5.2.1) <u>RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA</u>	Pág. 467
4.5.2.1.1) Demanda energética anual por superficie útil	Pág. 467
4.5.2.1.2) Resumen del cálculo de la demanda energética	Pág. 467
4.5.2.1.3) Resultados mensuales	Pág. 467
4.5.2.1.3.1) Balance energético anual del edificio	Pág. 467
4.5.2.1.3.2) Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración	Pág. 469
4.5.2.1.3.3) Evolución de la temperatura	Pág. 470
4.5.2.1.3.4) Resultados numéricos del balance energético por zona y mes	Pág. 470
4.5.2.2) <u>MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO</u>	Pág. 471
4.5.2.2.1) Zonificación climática	Pág. 471
4.5.2.2.2) Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento	Pág. 471
4.5.2.2.2.1) Agrupaciones de recintos	Pág. 471
4.5.2.2.2.2) Perfiles de uso utilizados	Pág. 472
4.5.2.2.3) Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo	Pág. 473
4.5.2.2.3.1) Composición constructiva	Pág. 473
4.5.2.2.4) Procedimiento de cálculo de la demanda energética	Pág. 476
4.5.2.3) <u>DESCRIPCIÓN DE LOS PUENTES TÉRMICOS LINEALES</u>	Pág. 477
<b>4.5.3) <u>HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS</u></b>	<b>Pág. 478</b>
<b>4.5.4) <u>HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN</u></b>	<b>Pág. 478</b>
<b>4.5.5) <u>HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA</u></b>	<b>Pág. 478</b>
4.5.5.1) Memoria	Pág. 478
4.5.5.1.1) Objeto del proyecto	Pág. 478
4.5.5.1.2) Emplazamiento de la instalación	Pág. 478
4.5.5.1.3) Características de la superficie donde se instalarán los captadores. Orientación, inclinación y sombras	Pág. 478
4.5.5.1.4) Tipo de instalación	Pág. 479
4.5.5.1.5) Captadores. Curvas de rendimiento	Pág. 480
4.5.5.1.6) Disposición de los captadores	Pág. 480
4.5.5.1.7) Fluido caloportador	Pág. 481
4.5.5.1.8) Depósito acumulador	Pág. 481
4.5.5.1.8.1) Volumen de acumulación	Pág. 481
4.5.5.1.8.2) Conjuntos de captación	Pág. 482

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

4.5.5.1.9)	Energía auxiliar	Pág. 482
4.5.5.1.10)	Circuíto hidráulico	Pág. 482
4.5.5.1.10.1)	Bombas de circulación	Pág. 482
4.5.5.1.10.2)	Tuberías	Pág. 482
4.5.5.1.10.3)	Vaso de expansión	Pág. 483
4.5.5.1.10.4)	Purgadores	Pág. 483
4.5.5.1.10.5)	Sistema de llenado	Pág. 483
4.5.5.1.11)	Sistema de control	Pág. 483
4.5.5.1.12)	Diseño y ejecución de la instalación	Pág. 483
4.5.5.1.12.1)	Montaje de los captadores	Pág. 483
4.5.5.1.12.2)	Tuberías	Pág. 483
4.5.5.1.12.3)	Válvulas	Pág. 483
4.5.5.1.12.4)	Vaso de expansión	Pág. 484
4.5.5.1.12.5)	Aislamientos	Pág. 484
4.5.5.1.12.6)	Purga de aire	Pág. 485
4.5.5.1.12.7)	Sistema de llenado	Pág. 485
4.5.5.1.12.8)	Sistema eléctrico y de control	Pág. 485
4.5.5.1.12.9)	Sistemas de protección	Pág. 485
4.5.5.1.12.9.1)	Protección contra sobrecalentamientos	Pág. 486
4.5.5.1.12.9.2)	Protección contra quemaduras	Pág. 486
4.5.5.1.12.9.3)	Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas	Pág. 486
4.5.5.1.12.9.4)	Resistencia a presión	Pág. 486
4.5.5.1.12.9.5)	Prevención de flujo inverso	Pág. 486
4.5.5.2)	Cálculo	Pág. 486
4.5.5.2.1)	Descripción del edificio	Pág. 486
4.5.5.2.2)	Circuito hidráulico	Pág. 486
4.5.5.2.2.1)	Condiciones climáticas	Pág. 486
4.5.5.2.2.2)	Condiciones de uso	Pág. 487
4.5.5.2.3)	Determinación de la radiación	Pág. 489
4.5.5.2.4)	Dimensionamiento de la superficie de captación	Pág. 489
4.5.5.2.5)	Cálculo de la cobertura solar	Pág. 490
4.5.5.2.6)	Selección de la configuración básica	Pág. 490
4.5.5.2.7)	Selección del fluido caloportador	Pág. 490
4.5.5.2.8)	Diseño del sistema de captación	Pág. 490
4.5.5.2.9)	Diseño del sistema intercambiador acumulador	Pág. 491
4.5.5.2.10)	Diseño del circuito hidráulico	Pág. 491
4.5.5.2.10.1)	Cálculo del diámetro de las tuberías	Pág. 491
4.5.5.2.10.2)	Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación	Pág. 491
4.5.5.2.10.3)	Bomba de circulación	Pág. 492
4.5.5.2.10.4)	Vaso de expansión	Pág. 493
4.5.5.2.10.5)	Purgadores y desaireadores	Pág. 494
4.5.5.2.11)	Sistema de regulación y control	Pág. 494
4.5.5.2.12)	Aislamiento	Pág. 495
4.5.6)	<b><u>HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTÁICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA</u></b>	<b>Pág. 495</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.5. AHORRO DE ENERGÍA

##### 4.5.1. HE O: LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

No aplicable

##### 4.5.2. HE 1: LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

###### 4.5.2.1. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA

###### 4.5.2.1.1. Demanda energética anual por superficie útil

$$D_{cal,edificio} = 23.18 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 23.4 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



*D<sub>cal,edificio</sub>*: Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/m<sup>2</sup>·año.

*D<sub>cal,lim</sub>*: Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/m<sup>2</sup>·año.

*D<sub>cal,base</sub>*: Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1) 20 kWh/m<sup>2</sup>·año.

*F<sub>cal,sup</sub>*: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 1000.

*S*: Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 290.78 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 0.22 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año} \leq D_{ref,lim} = 15.0 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$$



*D<sub>ref,edificio</sub>*: Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m<sup>2</sup>·año.

*D<sub>ref,lim</sub>*: Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/m<sup>2</sup>·año.

###### 4.5.2.1.2. Resumen del cálculo de la demanda energética

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	S <sub>u</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>cal</sub> (kWh)	D <sub>cal,base</sub> (kWh)	F <sub>cal,sup</sub>	D <sub>cal,lim</sub> (kWh)	D <sub>ref</sub> (kWh)	D <sub>ref,lim</sub> (kWh)
<b>Vivienda unifamiliar</b>	290.78	6739.8	23.2	1000	23.4	63.2	15.0
	<b>290.78</b>	<b>6739.8</b>	<b>23.2</b>	<b>1000</b>	<b>23.4</b>	<b>63.2</b>	<b>15.0</b>

donde:

*S<sub>u</sub>*: Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

*D<sub>cal</sub>*: Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/m<sup>2</sup>·año.

*D<sub>cal,base</sub>*: Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1) 20 kWh/m<sup>2</sup>·año.

*F<sub>cal,sup</sub>*: Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 1000.

*D<sub>cal,lim</sub>*: Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/m<sup>2</sup>·año.

*D<sub>ref</sub>*: Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/m<sup>2</sup>·año.

*D<sub>ref,lim</sub>*: Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/m<sup>2</sup>·año.

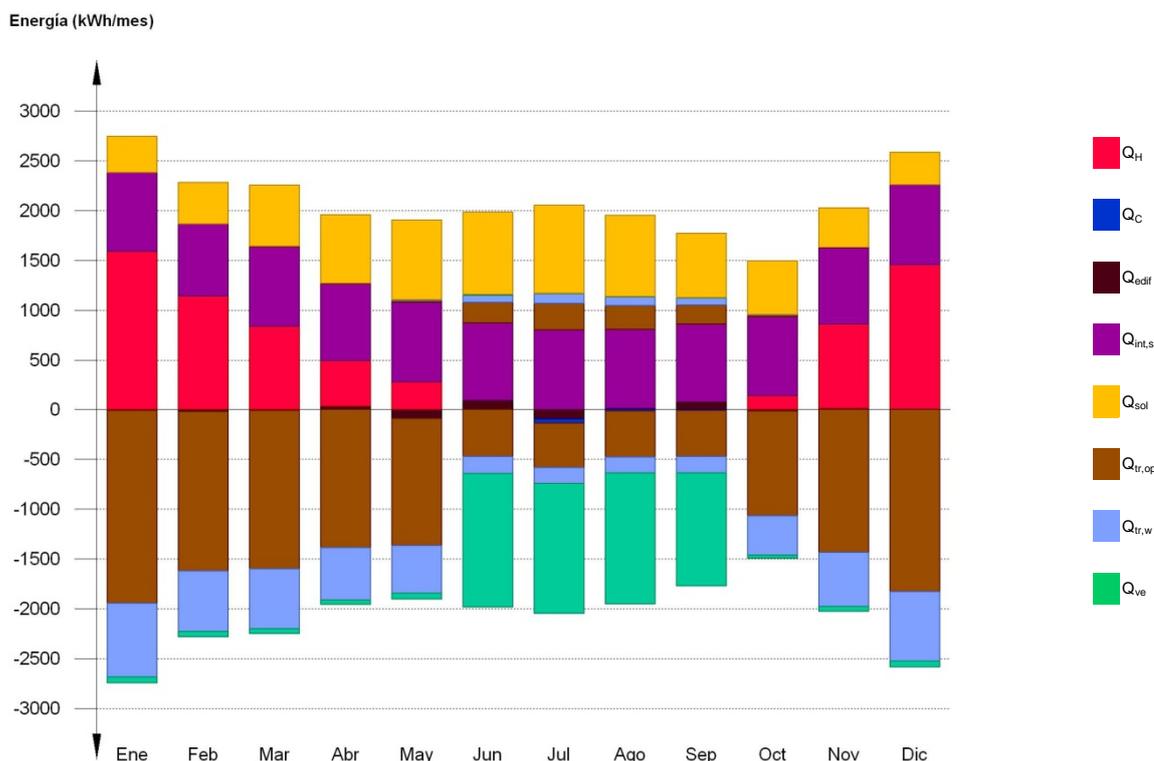
###### 4.5.2.1.3. Resultados mensuales

###### 4.5.2.1.3.1. Balance energético anual del edificio

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros (Q<sub>tr,op</sub> y Q<sub>tr,w</sub>, respectivamente), la energía intercambiada por ventilación (Q<sub>ve</sub>), la ganancia interna sensible neta (Q<sub>int,s</sub>), la ganancia solar neta (Q<sub>sol</sub>), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio (Q<sub>edif</sub>), y el aporte necesario de calefacción (Q<sub>H</sub>) y refrigeración (Q<sub>C</sub>).

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

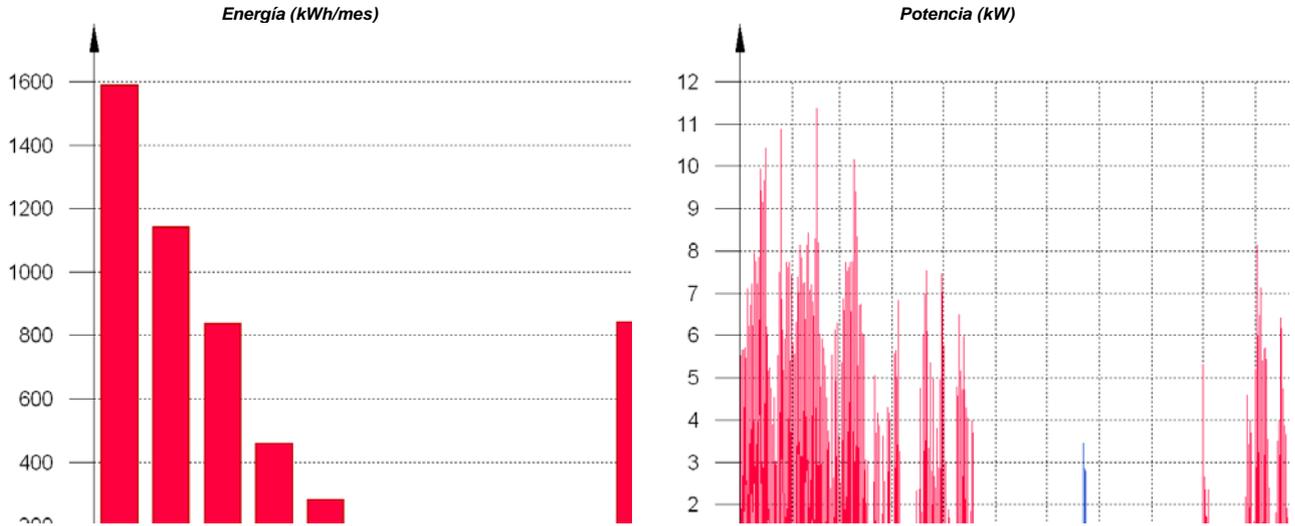
	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh /año) (kWh /m <sup>2</sup> ·año)	
<b>Balance energético anual del edificio.</b>														
$Q_{tr,op}$	--	0.1	3.3	3.5	20.0	208.4	266.2	238.3	193.0	15.7	1.9	--	-13030.2	-44.8
$Q_{tr,w}$	-1941.4	-1604.2	-1592.1	-1389.0	-1276.1	-474.4	-450.2	-463.1	-464.5	-1055.7	-1437.2	-1832.4	-4897.7	-16.8
$Q_{ve}$	--	--	0.0	0.1	0.4	5.8	7.2	6.3	5.3	0.4	0.1	--	-5476.2	-18.8
$Q_{int,s}$	797.7	725.3	803.9	779.8	797.7	779.8	803.9	797.7	786.0	797.7	773.6	810.2	9419.6	32.4
$Q_{sol}$	367.8	420.0	616.1	691.6	805.2	833.0	887.6	820.5	653.2	541.7	397.0	326.6	7307.7	25.1
$Q_{edif}$	-7.5	-18.1	-9.3	32.1	-89.4	91.0	-91.2	13.9	74.1	-11.6	15.2	0.8		
$Q_H$	<b>1587.4</b>	<b>1141.5</b>	<b>836.2</b>	<b>457.7</b>	<b>281.3</b>	--	--	--	--	<b>140.0</b>	<b>842.5</b>	<b>1453.2</b>	<b>6739.8</b>	<b>23.2</b>
$Q_C$	--	--	--	--	--	--	<b>-44.5</b>	<b>-12.1</b>	<b>-6.5</b>	--	--	--	<b>-63.2</b>	<b>-0.2</b>
$Q_{HC}$	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<b>6803.0</b>	<b>23.4</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

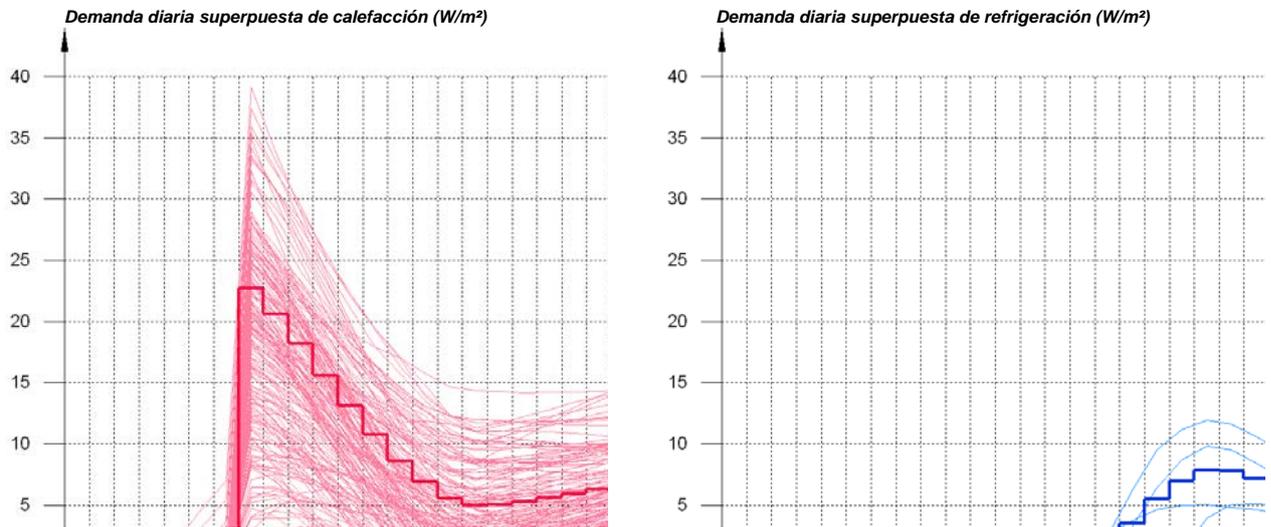
**Autor:** Silvia Sartal García.

**4.5.2.1.3.2. Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración**

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m²)	Demanda típica por día activo (kWh/m²)
<b>Calefacción</b>	235	197	2509	12	9.24	0.1177
<b>Refrigeración</b>	10	10	50	5	4.34	0.0217

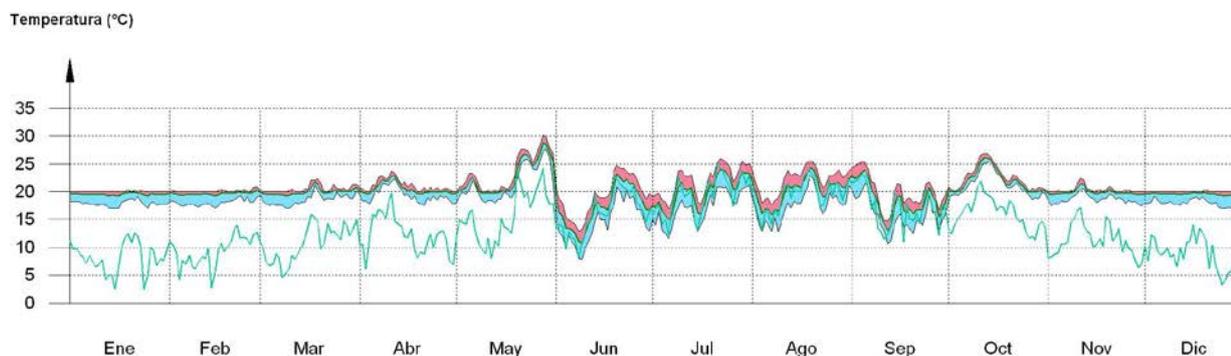
**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.5.2.1.3.3. Evolución de la temperatura

La evolución de la temperatura interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo, junto a la temperatura exterior media diaria:

##### Vivienda unifamiliar



#### 4.5.2.1.3.4. Resultados numéricos del balance energético por zona y mes

En la siguiente tabla se muestran los resultados de transferencia total de calor por transmisión y ventilación, calor interno total y ganancias solares, y energía necesaria para calefacción y refrigeración, de cada una de las zonas de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

Las ganancias solares e internas muestran los valores de ganancia energética bruta mensual, junto a la pérdida directa debida al calor que escapa de la zona de cálculo a través de los elementos ligeros, conforme al método de cálculo utilizado.

Se muestra también el calor neto mensual almacenado o cedido por la masa térmica de cada zona de cálculo, de balance anual nulo.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> -año)
<b>Vivienda unifamiliar (A<sub>f</sub> = 290.78 m<sup>2</sup>; V = 939.53 m<sup>3</sup>; A<sub>t</sub> = 1412.5 m<sup>2</sup>; C<sub>m</sub> = 61369.299 kJ/K; A<sub>m</sub> = 1012.66 m<sup>2</sup>)</b>														
Q <sub>tr,op</sub>	--	0.1	3.3	3.5	20.0	208.4	266.2	238.3	193.0	15.7	1.9	--	-13030.2	-44.8
Q <sub>tr,w</sub>	--	0.0	1.0	1.0	6.7	73.2	94.5	84.1	68.3	5.1	0.5	--	-4897.7	-16.8
Q <sub>ve</sub>	--	--	0.0	0.1	0.4	5.8	7.2	6.3	5.3	0.4	0.1	--	-5476.2	-18.8
Q <sub>int,s</sub>	797.7	725.3	803.9	779.8	797.7	779.8	803.9	797.7	786.0	797.7	773.6	810.2	9419.6	32.4
Q <sub>sol</sub>	367.8	420.0	616.1	691.6	805.2	833.0	887.6	820.5	653.2	541.7	397.0	326.6	7307.7	25.1
Q <sub>edif</sub>	-7.5	-18.1	-9.3	32.1	-89.4	91.0	-91.2	13.9	74.1	-11.6	15.2	0.8		
Q <sub>H</sub>	1587.4	1141.5	836.2	457.7	281.3	--	--	--	--	140.0	842.5	1453.2	6739.8	23.2
Q <sub>C</sub>	--	--	--	--	--	--	-44.5	-12.1	-6.5	--	--	--	-63.2	-0.2
Q <sub>HC</sub>	1587.4	1141.5	836.2	457.7	281.3	--	44.5	12.1	6.5	140.0	842.5	1453.2	6803.0	23.4

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.5.2.2. MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO

##### 4.5.2.2.1. Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Vilagarcía de Arousa (provincia de Pontevedra)**, con una altura sobre el nivel del mar de **10 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **C1**. La pertenencia a dicha zona climática define las **solicitaciones exteriores** para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

##### 4.5.2.2.2. Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento

###### 4.5.2.2.2.1. Agrupaciones de recintos

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus **condiciones operacionales** conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su **acondicionamiento térmico**, y sus **solicitaciones interiores** debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	b <sub>ve</sub>	ren <sub>h</sub> (1/h)	?Q <sub>ocup,s</sub> (kWh /año)	?Q <sub>equip</sub> (kWh /año)	?Q <sub>ilum</sub> (kWh /año)	T° calef. media (°C)	T° refrig. media (°C)
<b>Vivienda unifamiliar (Zona habitable, perfil: Residencial)</b>									
Baño 1	6.94	13.96	0.02	0.63	91.8	66.8	66.8	19.0	26.0
Sala de máquinas	3.70	7.44	0.02	0.63	48.9	35.6	35.6	19.0	26.0
Cocina	14.94	30.07	0.02	0.63	197.8	144.0	144.0	19.0	26.0
Salón	11.80	23.65	0.02	0.63	156.2	113.7	113.7	19.0	26.0
Comedor	17.14	34.50	0.02	0.63	226.9	165.1	165.1	19.0	26.0
Hall entrada	24.71	49.73	0.02	0.63	327.1	238.1	238.1	19.0	26.0
Habitación auxiliar	9.72	19.48	0.02	0.63	128.6	93.6	93.6	19.0	26.0
Cuarto de colada	7.80	15.71	0.02	0.63	103.3	75.2	75.2	19.0	26.0
Distribuidor principal	39.08	152.12	0.02	0.63	517.3	376.6	376.6	19.0	26.0
Baño 2	4.51	17.56	0.02	0.63	59.7	43.5	43.5	19.0	26.0
Salón	30.88	120.00	0.02	0.63	408.8	297.6	297.6	19.0	26.0
Despacho 1	8.51	33.05	0.02	0.63	112.6	82.0	82.0	19.0	26.0
Despacho 2	8.96	34.80	0.02	0.63	118.6	86.3	86.3	19.0	26.0
Zona de estudio	5.59	21.72	0.02	0.63	74.0	53.9	53.9	19.0	26.0
Salón Bajo Cubierta	30.77	114.54	0.02	0.63	407.4	296.5	296.5	19.0	26.0
Dormitorio principal	18.80	66.87	0.02	0.63	248.8	181.1	181.1	19.0	26.0
Dormitorio secundario	9.72	41.12	0.02	0.63	128.7	93.7	93.7	19.0	26.0
Baño 4	5.35	19.16	0.02	0.63	70.8	51.5	51.5	19.0	26.0
Baño 3	5.99	28.38	0.02	0.63	79.4	57.8	57.8	19.0	26.0
Escaleras	14.30	67.37	0.02	0.63	189.3	137.8	137.8	19.0	26.0
Vestidor 1	7.87	20.90	0.02	0.63	104.2	75.8	75.8	19.0	26.0
Vestidor 2	3.72	7.40	0.02	0.63	49.2	35.8	35.8	19.0	26.0
	<b>290.78</b>	<b>939.53</b>	<b>0.02</b>	<b>0.63/1.014/4**</b>	<b>3849.4</b>	<b>2802.0</b>	<b>2802.0</b>	<b>19.0</b>	<b>26.0</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

donde:

- S: Superficie útil interior del recinto, m<sup>2</sup>.  
 V: Volumen interior neto del recinto, m<sup>3</sup>.  
*Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a  $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot \eta_{thru})$ , donde  $\eta_{thru}$  es el rendimiento de la unidad de recuperación y  $f_{ve,frac}$  es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.*  
*Número de renovaciones por hora del aire del recinto.*  
 \*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas y los periodos de 'free cooling'.  
 \*\*: Valor nominal del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable en régimen de 'free cooling' (ventilación natural nocturna en las noches de verano).  
*Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.*  
*Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.*  
*Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.*  
*T<sup>o</sup> calef. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.*  
*T<sup>o</sup> refriger. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.*

#### 4.5.2.2.2. Perfiles de uso utilizados

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:

USO RESIDENCIAL	Residencial																							
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
<b>Temp. Consigna Alta (°C)</b>																								
Enero a Mayo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temp. Consigna Baja (°C)</b>																								
Enero a Mayo	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																								
Laboral	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>																								
Laboral	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
<b>Iluminación (W/m²)</b>																								
Laboral, Sábado y Festivo	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.2
<b>Equipos (W/m²)</b>																								
Laboral, Sábado y Festivo	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.2
<b>Ventilación verano</b>																								
Laboral, Sábado y Festivo	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ventilación invierno</b>																								
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.5.2.2.3. Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo

##### 4.5.2.2.3.1. Composición constructiva

#### Elementos constructivos pesados

		S	$\chi$	U	$\Sigma Q_{tr}$	$\alpha$	I.	O.	Fsh,	$\Sigma Q_{sol}$
Tipo		(m <sup>2</sup> )	(kJ/ m <sup>2</sup> K)	(W/ m <sup>2</sup> K)	(kWh /año)		(°)	(°)	o	(kWh /año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>										
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	3.96	35.29	0.27	-58.5	0.4	V	NO(-28.28)	1.00	3.1
Partición de placas de cartón yeso	Partición interior	77.77	25.90							
Solera tipo Caviti	Cerramiento en contacto con el terreno	75.22	104.73	0.17	-676.6					
Forjado de madera de roble	Partición interior	53.00	62.56							
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	24.87	25.91	0.27	-367.8	0.4	V	NO(-28.28)	1.00	19.6
Partición de placas de cartón yeso	Partición interior	281.23	25.83							
Partición de placas de cartón yeso	Partición interior	77.77	35.38							
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	6.40	35.29	0.27	-94.6	0.4	V	SE(151.72)	1.00	21.4
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.35	35.29	0.27	-123.3	0.4	V	NE(61.73)	1.00	12.5
Forjado de madera de roble	Partición interior	134.71	62.59							
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	22.42	25.91	0.27	-331.6	0.4	V	SO(-118.28)	1.00	66.2
Solera tipo Caviti	Cerramiento en contacto con el terreno	21.51	71.77	0.16	-189.9					
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	9.70	25.91	0.27	-143.5	0.4	V	NE(61.73)	1.00	14.6
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	5.84	25.91	0.27	-86.3	0.4	V	SE(151.72)	1.00	19.5
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	31.21	25.91	0.27	-461.5	0.4	V	SE(151.72)	1.00	104.4
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	5.13	25.91	0.27	-75.8	0.4	V	SO(-118.25)	1.00	15.1
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	4.98	25.91	0.27	-73.6	0.4	V	NO(-28.28)	1.00	3.9
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.71	25.91	0.27	-128.8	0.4	V	SO(-118.28)	0.97	25.0
Forjado de madera de roble	Partición interior	53.00	110.50							
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	7.90	35.29	0.27	-116.7	0.4	V	NO(-28.28)	0.98	6.1
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	27.94	25.91	0.27	-413.1	0.4	V	NE(61.73)	0.98	41.0
Forjado de madera de roble	Partición interior	134.71	72.79							
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	10.51	25.91	0.27	-155.5	0.4	V	NO(-28.28)	1.00	8.3
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.83	25.91	0.27	-130.6	0.4	V	SO(-118.25)	1.00	26.1
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.11	25.91	0.27	-120.0	0.4	V	SE(151.72)	0.99	26.8
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	4.72	25.91	0.27	-69.9	0.4	V	SO(-118.28)	0.99	13.8
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	1.84	25.91	0.27	-27.1	0.4	V	NO(-28.28)	0.98	1.4
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.62	25.91	0.27	-127.5	0.4	V	NO(-28.28)	0.69	4.7
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.80	25.91	0.27	-130.1	0.4	V	SO(-118.25)	0.98	25.4
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	9.68	25.91	0.27	-143.2	0.4	V	SO(-118.28)	1.00	28.5
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	10.93	26.99	0.30	-180.3	0.6	42	SO(-118.28)	0.87	75.0

**Proyecto: Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"**  
**Situación: Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra**  
**Fecha: Enero 2016**

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	16.78	26.99	0.30	-276.8	0.6	41	NO(-28.28)	0.99	63.0
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	12.59	26.99	0.30	-207.7	0.6	41	SE(151.72)	0.97	107.8
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	9.26	26.99	0.30	-152.8	0.6	42	SO(-118.28)	0.96	69.7
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	9.01	25.91	0.27	-133.3	0.4	V	SE(151.72)	1.00	30.1
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.67	25.91	0.27	-128.2	0.4	V	SE(151.72)	0.95	27.5
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	7.59	25.91	0.27	-112.2	0.4	V	NE(61.73)	0.85	9.7
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	4.29	26.99	0.30	-70.7	0.6	42	SO(-118.28)	1.00	33.7
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	16.54	26.99	0.30	-272.9	0.6	42	NE(61.72)	1.00	84.0
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	7.37	26.99	0.30	-121.7	0.6	41	SE(151.72)	0.91	59.2
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	4.68	25.91	0.27	-69.2	0.4	V	NO(-28.28)	1.00	3.7
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	7.29	25.91	0.27	-107.8	0.4	V	NO(-28.28)	0.99	5.7
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	2.80	26.99	0.30	-46.2	0.6	42	SO(-118.28)	1.00	22.0
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	10.03	26.99	0.30	-165.5	0.6	42	NE(61.72)	0.96	48.7
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	1.81	35.29	0.27	-26.7	0.4	V	NE(61.72)	1.00	2.7
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	5.54	35.29	0.27	-81.8	0.4	V	NE(61.73)	1.00	8.3
Partición de placas de cartón yeso	Partición interior	24.41	35.45							
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	7.11	26.99	0.30	-117.4	0.6	41	NO(-28.28)	0.88	23.9
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	0.72	35.29	0.27	-10.6	0.4	V	NE(61.74)	0.99	1.1
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	7.30	35.29	0.27	-107.9	0.4	V	NE(61.73)	1.00	10.9
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	5.29	26.99	0.30	-87.3	0.6	41	SE(151.72)	1.00	46.7
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	2.70	26.99	0.30	-44.6	0.6	41	NO(-28.28)	1.00	10.3
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	2.45	26.99	0.30	-40.4	0.6	42	SO(-118.28)	0.98	18.9
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	3.11	26.99	0.30	-51.2	0.6	42	NE(61.72)	0.77	12.1
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	0.90	26.99	0.30	-14.9	0.6	41	SE(151.72)	0.90	7.2
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	2.44	26.99	0.30	-40.2	0.6	42	SO(-118.28)	0.98	18.8
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	3.11	26.99	0.30	-51.4	0.6	41	SE(151.72)	0.90	24.8
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	3.13	26.99	0.30	-51.7	0.6	41	NO(-28.28)	0.76	9.0
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	8.63	25.91	0.27	-127.6	0.4	V	SE(151.72)	0.92	26.5
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	3.72	25.91	0.27	-55.0	0.4	V	SO(-118.28)	0.94	10.3
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	2.94	26.99	0.30	-48.5	0.6	41	SE(151.72)	0.90	23.4
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	2.93	25.91	0.27	-43.4	0.4	V	NE(61.73)	0.85	3.8
Muro de mampostería de granito e=70 cm	Cerramiento con ganancia solar	3.66	25.91	0.27	-54.1	0.4	V	NO(-28.28)	0.67	1.9
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	2.86	26.99	0.30	-47.3	0.6	42	NE(61.72)	0.80	11.6
Teja cerámica plana (Entramado de cubierta)	Cerramiento con ganancia solar	2.10	26.99	0.30	-34.7	0.6	41	NO(-28.28)	0.75	6.0
									<b>-7427.2</b>	<b>1405.5</b>

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

donde:

- S: Superficie del elemento.
- $\chi$ : Capacidad calorífica por superficie del elemento.
- U: Transmitancia térmica del elemento.
- $Q_{tr}$ : Calor intercambiado en el elemento a lo largo del año.
- $\alpha$ : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.
- I.: Inclinación de la superficie (elevación).
- O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).
- $F_{sh,o}$ : Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.
- $Q_{sol}$ : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### Elementos constructivos ligeros

	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ m <sup>2</sup> K)	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ m <sup>2</sup> K)	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	$\alpha$	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	$\Sigma Q_{sol}$ (kWh /año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>												
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	4.39	1.80	0.37	1.00	-353.6	0.39	0.6	V	NO(-28.28)	1.00	1.00	522.5
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	1.80	1.80	0.54	1.00	-131.9	0.39	0.6	V	NE(61.73)	0.48	1.00	109.9
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.41	1.80	0.89	1.00	-23.7	0.39	0.6	V	NE(61.73)	0.39	1.00	8.1
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.16	1.80	0.99	1.00	-8.6	0.39	0.6	V	SO(-118.28)	0.23	0.99	3.1
Puerta de entrada a la vivienda, acorazada	2.25		1.00	3.00	-361.5		0.6	V	SE(151.72)	0.00	1.00	140.6
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.68	1.80	0.50	1.00	-50.8	0.39	0.6	V	SO(-118.28)	0.32	1.00	47.5
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.16	1.80	0.99	1.00	-8.6	0.39	0.6	V	SO(-118.28)	0.23	1.00	3.1
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.68	1.80	0.50	1.00	-50.8	0.39	0.6	V	SO(-118.25)	0.32	1.00	47.5
Puerta de entrada a la vivienda, acorazada	4.20		1.00	3.00	-673.8		0.6	V	SO(-118.28)	0.00	1.00	233.7
Puerta de entrada a la vivienda, acorazada	4.20		1.00	3.00	-673.8		0.6	V	NE(61.73)	0.00	0.99	132.4
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	3.49	1.80	0.32	1.00	-287.6	0.39	0.6	V	NE(61.73)	0.76	1.00	457.2
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	3.49	1.80	0.32	1.00	-287.6	0.39	0.6	V	NE(61.73)	0.76	1.00	457.3
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	3.49	1.80	0.32	1.00	-287.6	0.39	0.6	V	SO(-118.25)	0.66	1.00	610.4
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	6.07	1.80	0.30	1.00	-506.5	0.39	0.6	V	SO(-118.28)	0.66	1.00	1097.0
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	3.49	1.80	0.32	1.00	-287.6	0.39	0.6	V	SE(151.72)	0.66	1.00	665.0
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.60	1.00	-31.9	0.39	0.6	V	SO(-118.28)	0.23	1.00	20.7
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.75	1.00	-29.1	0.39	0.6	V	NO(-28.28)	1.00	0.99	22.8
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.75	1.00	-29.1	0.39	0.6	V	SO(-118.25)	0.23	1.00	16.1
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	2.58	1.80	0.26	1.00	-218.9	0.39	0.6	V	SE(151.72)	0.66	1.00	531.9
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.60	1.00	-31.9	0.39	0.6	V	SE(151.72)	0.23	1.00	22.8
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.60	1.00	-31.9	0.39	0.6	V	NE(61.73)	0.39	1.00	20.3
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.75	1.00	-29.1	0.39	0.6	V	NO(-28.28)	1.00	1.00	23.0
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	2.58	1.80	0.26	1.00	-218.9	0.39	0.6	V	NO(-28.28)	1.00	1.00	353.8
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.60	1.00	-31.9	0.39	0.6	V	NE(61.73)	0.39	1.00	20.3
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	2.58	1.80	0.26	1.00	-218.9	0.39	0.6	V	NE(61.73)	0.76	1.00	364.9
Doble acristalamiento LOW.S "UNIÓN VIDRIERA ARAGONESA", LOW.S 8/10/6 Templá.Lite Azur.Lite color azul	0.45	1.80	0.60	1.00	-31.9	0.39	0.6	V	SE(151.72)	0.23	1.00	22.8

donde:

- S: Superficie del elemento.
- $U_g$ : Transmitancia térmica de la parte translúcida.
- $F_F$ : Fracción de parte opaca del elemento ligero.
- $U_i$ : Transmitancia térmica de la parte opaca.
- $Q_{tr}$ : Calor intercambiado en el elemento a lo largo del año.
- $g_{gl}$ : Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.
- $\alpha$ : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.
- $I$ : Inclinación de la superficie (elevación).
- $O$ : Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).
- $F_{sh,gl}$ : Valor medio anual del factor reductor de sombreado para dispositivos de sombra móviles.
- $F_{sh,o}$ : Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.
- $Q_{sol}$ : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### Puentes térmicos

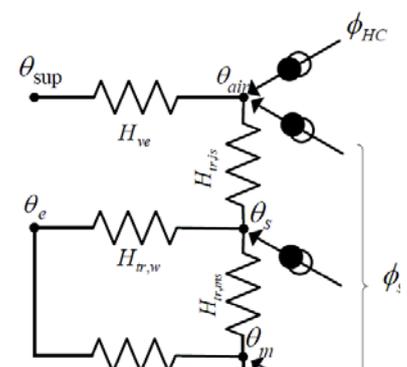
	Tipo	L (m)	$\psi$ (W/mK)	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh/año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>				
Encuentro saliente de fachada con suelo exterior	Lineal	39.20	0.440	-938.6
Forjado entre pisos	Lineal	150.07	0.410	-3348.0
Fachada en esquina vertical saliente	Lineal	26.95	0.080	-117.3
Encuentro de fachada con cubierta	Lineal	50.08	0.440	-1199.1
				<b>-5603.0</b>

donde:

- L: Longitud del puente térmico lineal.
- $\psi$ : Transmitancia térmica lineal del puente térmico.
- n: Número de puentes térmicos puntuales.
- X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.
- $Q_{tr}$ : Calor intercambiado en el elemento a lo largo del año.

#### 4.5.2.2.4. Procedimiento de cálculo de la demanda energética

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- ⇒ el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;

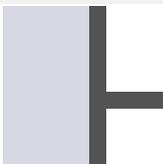
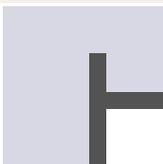
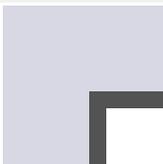
**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- ⇒ la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- ⇒ el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- ⇒ las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- ⇒ las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- ⇒ las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- ⇒ las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

#### 4.5.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PUENTES TÉRMICOS LINEALES

		Longitud( $\Psi$ m)	(W/(m·K))
Encuentro de fachada con suelo			
	Encuentro saliente de fachada con suelo exterior Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	<b>39.20</b>	<b>0.44</b>
Encuentro de fachada con forjado intermedio			
	Forjado entre pisos Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	<b>150.07</b>	<b>0.41</b>
Encuentro de fachada con cubierta			
	Encuentro de fachada con cubierta Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	<b>50.08</b>	<b>0.44</b>
Encuentro entre fachadas			
	C2C	<b>26.95</b>	<b>0.08</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.5.3. HE 2: RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS**

Los edificios dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el bienestar térmico de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, RITE.

##### **Ámbito de aplicación**

Para el presente proyecto de ejecución es de aplicación el RITE, ya que las instalaciones térmicas del edificio son instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de ACS (agua caliente sanitaria) que están destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

##### **Justificación del cumplimiento de la exigencias técnicas del RITE**

La justificación del cumplimiento de las Instrucciones Técnicas I.T.01 "Diseño y dimensionado", I.T.02 "Montaje", I.T.03 "Mantenimiento y uso" e I.T.04 "Inspecciones" se realiza en el apartado correspondiente a la justificación del cumplimiento del RITE.

#### **4.5.4. HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN**

No aplicable

#### **4.5.5. HE 4: CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA**

##### **4.5.5.1 Memoria**

###### **4.5.5.1.1 Objeto del proyecto**

El objeto del presente proyecto es diseñar la instalación de agua caliente sanitaria, mediante calentamiento por energía solar térmica, para una vivienda unifamiliar de nueva construcción.

###### **4.5.5.1.2 Emplazamiento de la instalación**

VILAGARCÍA DE AROUSA

Coordenadas geográficas:

Latitud	42° 36' 0" N
Longitud	8° 45' 36" O

Zona climática II según el apartado 4.2, 'Zonas climáticas', de la sección HE 4 del DB HE Ahorro de energía del CTE (radiación solar global media diaria anual de 14.74 MJ/m<sup>2</sup>).

###### **4.5.5.1.3 Características de la superficie donde se instalarán los captadores. Orientación, inclinación y sombras**

La orientación e inclinación de los captadores será la siguiente:

Orientación	S(189°)
Inclinación	40°

El campo de captadores se situará sobre la cubierta, según el plano de planta adjunto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

La orientación e inclinación del sistema de captación, así como las posibles sombras sobre el mismo, serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites especificados en la siguiente tabla:

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

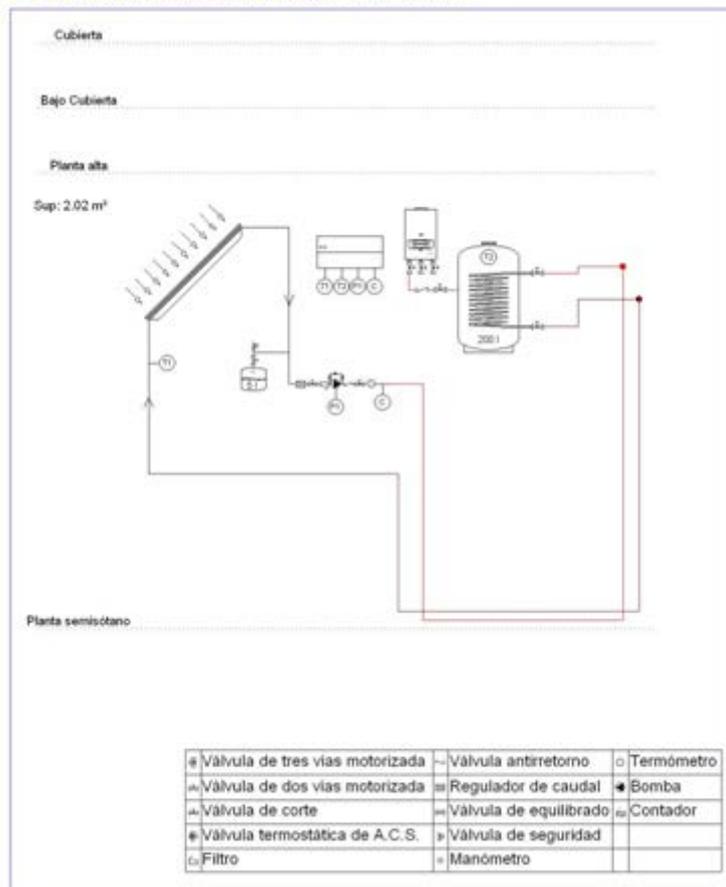
Conj. captación	Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
1	General	0.35 %	7.11 %	7.45 %

#### 4.5.5.1.4 Tipo de instalación

El sistema de captación solar para consumo de agua caliente sanitaria se caracteriza de la siguiente forma:

- ⇒ Por el principio de circulación utilizado, clasificamos el sistema como una instalación con circulación forzada.
- ⇒ Por el sistema de transferencia de calor, clasificamos nuestro sistema como una instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar para cada una de las viviendas.
- ⇒ Por el sistema de expansión, será un sistema cerrado.
- ⇒ Por su aplicación, será una instalación para calentamiento de agua.

Esquema de instalación de energía solar térmica



#### 4.5.5.1.5 Captadores. Curvas de rendimiento

El tipo y disposición de los captadores que se han seleccionado se describe a continuación:

Modelo	Disposición	Número total de captadores	Número total de baterías
	En paralelo	1	1 de 1 unidades

El captador seleccionado debe poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia, según lo regulado en el RD 891/1980, de 14 de abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.

En el Anexo se adjuntan las curvas de rendimiento de los captadores adoptados y sus características (dimensiones, superficie de apertura, caudal recomendado de circulación del fluido caloportador, pérdida de carga, etc).

#### 4.5.5.1.6 Disposición de los captadores

Los captadores se dispondrán en filas constituidas por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes durante los trabajos de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila o batería los captadores se conectarán en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo se obtendrá teniendo en cuenta las limitaciones especificadas por el fabricante.

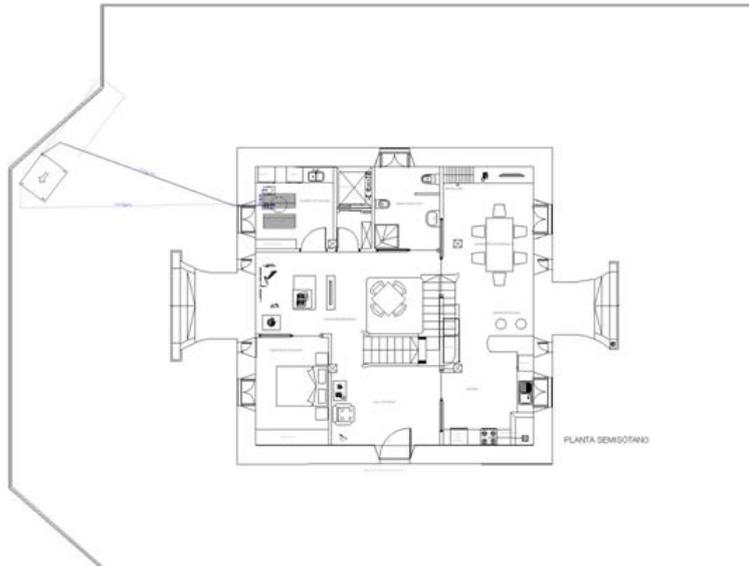
Como regla general, el número de captadores conectados en serie no puede ser superior a tres. Únicamente, para ciertas aplicaciones industriales y de refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando el fabricante lo permita.

Ya que la instalación es para dotación de agua caliente sanitaria, no deben conectarse más de tres captadores en serie.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general, se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

La entrada de fluido caloportador se efectuará por el extremo inferior del primer captador de la batería y la salida por el extremo superior del último.

La entrada tendrá una pendiente ascendente del 1% en el sentido de avance del fluido caloportador.



**Disposición del panel solar en la zona de mayor aprovechamiento de energía solar, en la entrada principal de la parcela de la edificación.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.5.5.1.7 Fluido caloportador**

Para evitar riesgos de congelación en el circuito primario, el fluido caloportador incorporará anticongelante.

Como anticongelantes podrán utilizarse productos ya preparados o mezclados con agua. En ambos casos, deben cumplir la reglamentación vigente. Además, su punto de congelación debe ser inferior a la temperatura mínima histórica (-3°C) con un margen de seguridad de 5°C.

En cualquier caso, su calor específico no será inferior a 3 KJ/kgK (equivalente a 0.7 Kcal/kg°C).

Se deberán tomar las precauciones necesarias para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante cuando se alcanzan temperaturas muy altas. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente disponer un depósito auxiliar para reponer las posibles pérdidas de fluido caloportador en el circuito. No debe utilizarse para reposición un fluido cuyas características sean incompatibles con el existente en el circuito.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas mediante reposición con agua de la red.

En este caso, se ha elegido como fluido caloportador una mezcla comercial de agua y propilenglicol al 21%, con lo que se garantiza la protección de los captadores contra rotura por congelación hasta una temperatura de -8°C, así como contra corrosiones e incrustaciones, ya que dicha mezcla no se degrada a altas temperaturas. En caso de fuga en el circuito primario, cuenta con una composición no tóxica y aditivos estabilizantes.

Las principales características de este fluido caloportador son las siguientes:

- ⇒ Densidad: 1031.32 Kg/m<sup>3</sup>.
- ⇒ Calor específico: 3.800 KJ/kgK.
- ⇒ Viscosidad (45°C): 2.34 mPa·s.

#### **4.5.5.1.8 Depósito acumulador**

##### **4.5.5.1.8.1 Volumen de acumulación**

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con las especificaciones del apartado 2.2.5 Sistemas de acumulación solar y conexión de sistema de generación auxiliar de la sección HE 4 DB-HE CTE.

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

A: Suma de las áreas de los captadores.

V: Volumen de acumulación expresado en litros.

El modelo de acumulador usado se describe a continuación:

- ⇒ Diámetro: 604 mm
- ⇒ Altura: 1240 mm
- ⇒ Vol. acumulación: 200 l

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.5.5.1.8.2 Conjuntos de captación

En la siguiente tabla pueden consultarse los volúmenes de acumulación y áreas de intercambio totales para cada conjunto de captación:

Conj. captación	Vol. acumulación (l)	Sup. captación (m <sup>2</sup> )
1	200	2.02

#### 4.5.5.1.9 Energía auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica en cualquier circunstancia, la instalación de energía solar debe contar con un sistema de energía auxiliar.

Este sistema de energía auxiliar debe tener suficiente potencia térmica para proporcionar la energía necesaria para la producción total de agua caliente sanitaria, en ausencia de radiación solar. La energía auxiliar se aplicará en el circuito de consumo, nunca en el circuito primario de captadores.

El sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación. En el caso de que el sistema de energía auxiliar no disponga de acumulación, es decir, sea una fuente de calor instantánea, el equipo será capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente, con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al citado equipo.

Tipo de energía auxiliar: Gas natural

#### 4.5.5.1.10 Circuito hidráulico

El circuito hidráulico que se ha diseñado para la instalación es de retorno invertido y, por lo tanto, está equilibrado.

El caudal de fluido portador se determina de acuerdo con las especificaciones del fabricante, según aparece en el apartado de cálculo.

#### 4.5.5.1.10.1 Bombas de circulación

Caudal (l/h)	Presión (Pa)
120.0	3924.0

Los materiales constitutivos de la bomba en el circuito primario son compatibles con la mezcla anticongelante.

#### 4.5.5.1.10.2 Tuberías

Tanto para el circuito primario como para el de consumo, las tuberías utilizadas tienen las siguientes características:

Material: cobre

Disposición: colocada superficialmente

con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.5.5.1.10.3 Vaso de expansión**

El sistema de expansión que se emplea en el proyecto será cerrado, de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda establecer la operación automática cuando la potencia esté disponible de nuevo.

El vaso de expansión del conjunto de captación se ha dimensionado conforme se describe en el anexo de cálculo.

#### **4.5.5.1.10.4 Purgadores**

Se utilizarán purgadores automáticos, ya que no está previsto que se forme vapor en el circuito. Debe soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y, en cualquier caso, hasta 130°C.

#### **4.5.5.1.10.5 Sistema de llenado**

El sistema de llenado del circuito primario es manual. La situación del mismo se describe en los planos del proyecto.

#### **4.5.5.1.11 Sistema de control**

El sistema de control asegura el correcto funcionamiento de la instalación, facilitando un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando el uso adecuado de la energía auxiliar. Se ha seleccionado una centralita de control para sistema de captación solar térmica, con sondas de temperatura con las siguientes funciones:

- ⇒ Control de la temperatura del captador solar
- ⇒ Control y regulación de la temperatura del acumulador solar
- ⇒ Control y regulación de la bomba en función de la diferencia de temperaturas entre captador y acumulador.

#### **4.5.5.1.12 Diseño y ejecución de la instalación**

##### **4.5.5.1.12.1 Montaje de los captadores**

Se aplicará a la estructura soporte las exigencias básicas del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

El diseño y construcción de la estructura y sistema de fijación de los captadores debe permitir las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de la estructura y de los captadores no arrojarán sombra sobre estos últimos.

En el caso que nos ocupa, el anclaje de los captadores al edificio se realizará mediante una estructura metálica proporcionada por el fabricante. La inclinación de los captadores será de: 40°.

##### **4.5.5.1.12.2 Tuberías**

El diámetro de las tuberías se ha dimensionado de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s y que la pérdida de carga unitaria sea inferior a 40.0 mm.c.a/m.

##### **4.5.5.1.12.3 Válvulas**

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y sus condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios siguientes:

- ⇒ Para aislamiento: válvulas de esfera.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- ⇒ Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- ⇒ Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- ⇒ Para llenado: válvulas de esfera.
- ⇒ Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- ⇒ Para seguridad: válvulas de resorte.
- ⇒ Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas de seguridad serán capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y, en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de intercepción.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- ⇒ Cuerpo y tapa: fundición de hierro o de latón.
- ⇒ Mecanismo: acero inoxidable.
- ⇒ Flotador y asiento: acero inoxidable.
- ⇒ Obturador: goma sintética.

Los purgadores automáticos serán capaces de soportar la temperatura máxima de trabajo del circuito.

#### **4.5.5.1.12.4 Vaso de expansión**

Se utilizarán vasos de expansión cerrados con membrana. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados. La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá el volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

El volumen de dilatación, para el cálculo, será como mínimo igual al 4,3% del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío, en el punto más alto del circuito, no sea inferior a 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>, y que la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

Cuando el fluido caloportador pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionamiento especial para el volumen de expansión.

El depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, incrementado en un 10%.

#### **4.5.5.1.12.5 Aislamientos**

El aislamiento de los acumuladores cuya superficie sea inferior a 2 m<sup>2</sup> tendrá un espesor mínimo de 30 mm. Para volúmenes superiores, el espesor mínimo será de 50 mm.

El espesor del aislamiento para el intercambiador de calor en el acumulador no será inferior a 20 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior o exterior, no serán inferiores a los valores especificados en: RITE.I.T.1.2.4.2.1.1.

Es aconsejable, aunque no forme parte de la instalación solar, el aislamiento de las tuberías de distribución al consumo de ACS. De esta forma se evitan pérdidas energéticas en la distribución, que disminuyen el rendimiento de la instalación de captación solar.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.5.5.1.12.6 Purga de aire**

El trazado del circuito favorecerá el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil de cada botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>.

Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar, y antes del intercambiador, un desaireador con purgador automático.

Las líneas de purga se colocarán de tal forma que no puedan helarse ni se pueda producir acumulación de agua entre líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos para que el vapor o medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a personas, a materiales o al medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador.

#### **4.5.5.1.12.7 Sistema de llenado**

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado, manual o automático, que permita llenar el circuito primario de fluido caloportador y mantenerlo presurizado.

En general, es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de fluido caloportador.

Para disminuir el riesgo de fallo, se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados, así como la entrada de aire (esto último incrementaría el riesgo de fallo por corrosión).

Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

#### **4.5.5.1.12.8 Sistema eléctrico y de control**

El sistema eléctrico y de control cumplirá el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación.

Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El rango de temperatura ambiente admisible para el funcionamiento del sistema de control será, como mínimo, el siguiente: -10°C a 50°C.

Los sensores de temperatura soportarán los valores máximos previstos para la temperatura en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar, sin alteraciones superiores a 1°C, una temperatura de hasta 100°C (instalaciones de ACS).

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la zona de medición. Para conseguirlo, en el caso de sensores de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido.

Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que les rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desea controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Las sondas serán, preferentemente, de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas por contacto y la superficie metálica.

#### **4.5.5.1.12.9 Sistemas de protección**

##### **4.5.5.1.12.9.1 Protección contra sobrecalentamientos**

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que, con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar el sistema a su estado normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenaje como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan peligro alguno para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema ni en ningún otro material del edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras, se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C.

##### **4.5.5.1.12.9.2 Protección contra quemaduras**

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C, deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para compensar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

##### **4.5.5.1.12.9.3 Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas**

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por cada material o componente.

##### **4.5.5.1.12.9.4 Resistencia a presión**

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

##### **4.5.5.1.12.9.5 Prevención de flujo inverso**

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del mismo.

Como el sistema es por circulación forzada, se utiliza una válvula antirretorno para evitar flujos inversos.

#### **4.5.5.2 Cálculo**

##### **4.5.5.2.1 Descripción del edificio**

El objeto del presente proyecto es diseñar la instalación de agua caliente sanitaria, mediante calentamiento por energía solar térmica, para una vivienda unifamiliar de nueva construcción.

Edificio situado en Vilagarcía de Arousa, zona climática II según el apartado 4.2, 'Zonas climáticas', de la sección HE 4 del DB HE Ahorro de energía del CTE (radiación solar global media diaria anual de 14.74 MJ/m<sup>2</sup>).

La vivienda está compuesta por 3 dormitorios y tiene asignada una ocupación de 4 personas.

Los captadores se dispondrán sobre su correspondiente soporte orientados al S(189°).

##### **4.5.5.2.2 Circuito hidráulico**

###### **4.5.5.2.2.1 Condiciones climáticas**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Para la determinación de las condiciones climáticas (radiación global total en el campo de captadores, temperatura ambiente diaria y temperatura del agua de suministro de la red) se han utilizado los datos recogidos en las normas UNE 94002 Instalaciones solares térmicas para la producción de agua caliente sanitaria, UNE 94003 Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas y en el documento "Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT", publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología.

Mes	Radiación global (MJ/m <sup>2</sup> )	Temperatura ambiente diaria (°C)	Temperatura de red (°C)
Enero	6.26	11	12
Febrero	9.11	11	13
Marzo	13.75	13	13
Abril	17.14	14	14
Mayo	20.77	16	15
Junio	24.23	19	17
Julio	24.34	21	18
Agosto	21.78	21	18
Septiembre	16.70	20	17
Octubre	10.44	17	16
Noviembre	6.77	13	14
Diciembre	5.18	11	12

#### 4.5.5.2.2 Condiciones de uso

Teniendo en cuenta el nivel de ocupación, se obtiene un valor medio de 28.0 l por persona y día, con una temperatura de consumo de referencia de 60 °C. Como la temperatura de uso se considera de 45 °C, distinta de 60 °C, debe corregirse este consumo medio de tal forma que la demanda energética final del sistema, para cada mes, sea equivalente a la obtenida con el consumo definido a la temperatura de referencia.

Para la corrección se ha utilizado la siguiente expresión:

$$C_i(T) = C_i(60^\circ C) \times \left( \frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

donde:

$C_i(T)$ : Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura T elegida;

$C_i(60^\circ C)$ : Consumo de agua caliente para el mes i a la temperatura de 60 °C;

T: Temperatura del acumulador final;

$T_i$ : Temperatura media del agua fría en el mes i;

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, se asume un coeficiente de simultaneidad igual a 1.

Número de dormitorios	3
Ocupación (Nº personas)	4
Consumo de referencia litros/día	112

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

A partir de los datos anteriores se puede calcular la demanda energética para cada mes. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Mes	Ocupación (%)	Consumo (m <sup>3</sup> )	Temperatura de red (°C)	Salto térmico (°C)	Demanda (MJ)
Enero	100	5.0	12	33	693.10
Febrero	100	4.6	13	32	613.03
Marzo	100	5.1	13	32	678.71
Abril	100	5.0	14	31	641.83
Mayo	100	5.2	15	30	648.83
Junio	100	5.2	17	28	600.04
Julio	100	5.4	18	27	605.64
Agosto	100	5.4	18	27	605.64
Septiembre	100	5.2	17	28	600.04
Octubre	100	5.3	16	29	635.53
Noviembre	100	5.0	14	31	642.89
Diciembre	100	5.0	12	33	693.10

La descripción de los valores mostrados, para cada columna, es la siguiente:

⇒ Ocupación: Estimación del porcentaje mensual de ocupación.

⇒ Consumo: Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\%Ocup}{100} \cdot N_{mes} (días) \cdot Q_{acs} (m^3 / día)$$

⇒ Temperatura de red: Temperatura de suministro de agua (valor mensual en °C).

⇒ Demanda térmica: Expresa la demanda energética necesaria para cubrir el consumo necesario de agua caliente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{acs} = \rho \cdot C \cdot C_p \cdot \Delta T$$

donde:

Q<sub>acs</sub>: Demanda de agua caliente (MJ).

ρ: Densidad volumétrica del agua (Kg/m<sup>3</sup>).

C: Consumo (m<sup>3</sup>).

C<sub>p</sub>: Calor específico del agua (MJ/kg°C).

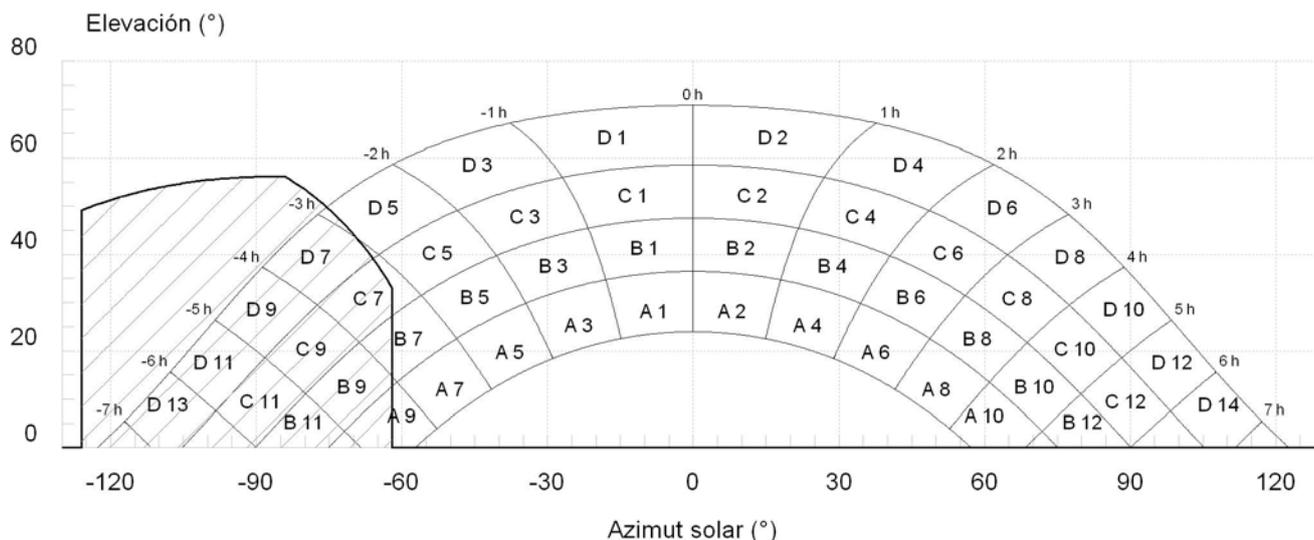
ΔT: Salto térmico (°C).

#### 4.5.5.2.3 Determinación de la radiación

Para obtener la radiación solar efectiva que incide sobre los captadores se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Orientación    S(189°)  
 Inclinación    40°

Las sombras proyectadas sobre los captadores son:



<b>(inclinación 40.00°, orientación 8.72°)</b>			
Porción	Factor de llenado (real)	Pérdidas (%)	Contribución (%)
A 9	0.50 (0.49)	0.13	0.07
B 7	0.25 (0.24)	0.95	0.24
B 9	1.00 (0.99)	0.41	0.41
B 11	1.00 (1.00)	0.01	0.01
C 7	0.75 (0.78)	1.27	0.95
C 9	1.00 (1.00)	0.62	0.62
C 11	1.00 (1.00)	0.12	0.12
D 5	0.00 (0.04)	3.87	0.00
D 7	1.00 (0.98)	2.76	2.76
D 9	1.00 (1.00)	1.49	1.49
D 11	1.00 (1.00)	0.44	0.44
D 13	1.00 (1.00)	0.00	0.00
<b>TOTAL (%)</b>			<b>7.11</b>

#### 4.5.5.2.4 Dimensionamiento de la superficie de captación

El dimensionamiento de la superficie de captación se ha realizado mediante el método de las curvas 'f' (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura solar y del rendimiento medio para periodos de cálculo mensuales y anuales.

Se asume un volumen de acumulación equivalente, de forma aproximada, a la carga de consumo diario promedio. La superficie de captación se dimensiona para conseguir una fracción solar anual superior al 50%, tal como se indica en el apartado 2.2.1, 'Contribución solar mínima para ACS y/o piscinas cubiertas', de la sección HE 4 DB-HE CTE.

El valor resultante para la superficie de captación es de 2.02 m<sup>2</sup>, y para el volumen de captación de 200 l.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Mes	Radiación global (MJ/m <sup>2</sup> )	Temperatura ambiente diaria (°C)	Demanda (MJ)	Energía auxiliar (MJ)	Fracción solar (%)
Enero	6.26	11	693.10	449.64	35
Febrero	9.11	11	613.03	305.90	50
Marzo	13.75	13	678.71	214.65	68
Abril	17.14	14	641.83	153.52	76
Mayo	20.77	16	648.83	103.67	84
Junio	24.23	19	600.04	33.40	94
Julio	24.34	21	605.64	11.96	98
Agosto	21.78	21	605.64	14.28	98
Septiembre	16.70	20	600.04	71.11	88
Octubre	10.44	17	635.53	219.84	65
Noviembre	6.77	13	642.89	360.64	44
Diciembre	5.18	11	693.10	481.83	30

#### 4.5.5.2.5 Cálculo de la cobertura solar

La energía producida no supera, en ningún mes, el 110% de la demanda de consumo, y no hay una demanda superior al 100% para tres meses consecutivos.

La cobertura solar anual conseguida mediante el sistema es igual al 68%.

#### 4.5.5.2.6 Selección de la configuración básica

La instalación consta de un circuito primario cerrado (circulación forzada) dotado de un sistema de captación (con una superficie total de captación de 2 m<sup>2</sup>) y con un intercambiador, incluido en el acumulador de la vivienda. Se ha previsto, además, la instalación de un sistema de energía auxiliar.

#### 4.5.5.2.7 Selección del fluido caloportador

La temperatura histórica en la zona es de -3°C. La instalación debe estar preparada para soportar sin congelación una temperatura de -8°C (5º menos que la temperatura mínima histórica). Para ello, el porcentaje en peso de anticongelante será de 21% con un calor específico de 3.800 KJ/kgK y una viscosidad de 2.336200 mPa·s a una temperatura de 45°C.

#### 4.5.5.2.8 Diseño del sistema de captación

El sistema de captación estará formado por elementos cuya curva de rendimiento INTA es:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \left( \frac{t^e - t^a}{I} \right)$$

donde:

$\eta_0$ : Factor óptico (0.82).

$a_1$ : Coeficiente de pérdida (4.23).

$t^e$ : Temperatura media (°C).

$t^a$ : Temperatura ambiente (°C).

$I$ : Irradiación solar (W/m<sup>2</sup>).

La superficie de apertura de cada captador es de 2.02 m<sup>2</sup>.

La disposición del sistema de captación queda completamente definida en los planos del proyecto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.5.5.2.9 Diseño del sistema intercambiador acumulador

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con:

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

A: Suma de las áreas de los captadores.

V: Volumen de acumulación expresado en litros.

Unidad de ocupación	Caudal l/h:	Pérdida de carga Pa:	Sup. intercambio m <sup>2</sup> :	Diámetro mm:	Altura (mm)	Vol. acumulación (l)
	648	800.0	1.10	604	1240	200
Total			1.10			200

La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación es superior a 0.15 e inferior o igual a 1.

#### 4.5.5.2.10 Diseño del circuito hidráulico

##### 4.5.5.2.10.1 Cálculo del diámetro de las tuberías

Tanto para el circuito primario de la instalación, como para el secundario, se utilizarán tuberías de cobre.

El diámetro de las tuberías se selecciona de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s. El dimensionamiento de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en las mismas nunca sea superior a 40.00 mm.c.a/m.

##### 4.5.5.2.10.2 Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación

Deben determinarse las pérdidas de carga en los siguientes componentes de la instalación:

- ⇒ Captadores
- ⇒ Tuberías (montantes y derivaciones a las baterías de captadores del circuito primario).
- ⇒ Intercambiador

#### FÓRMULAS UTILIZADAS

Para el cálculo de la pérdida de carga,  $\Delta P$ , en las tuberías, utilizaremos la formulación de Darcy-Weisbach que se describe a continuación:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81}$$

donde:

$\Delta P$ : Pérdida de carga (m.c.a).

$\lambda$ : Coeficiente de fricción

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

v: Velocidad del fluido (m/s).

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Para calcular las pérdidas de carga, se le suma a la longitud real de la tubería la longitud equivalente correspondiente a las singularidades del circuito (codos, té, válvulas, etc.). Ésta longitud equivalente corresponde a la longitud de tubería que provocaría una pérdida de carga igual a la producida por dichas singularidades.

De forma aproximada, la longitud equivalente se calcula como un porcentaje de la longitud real de la tubería. En este caso, se ha asumido un porcentaje igual al 15%.

El coeficiente de fricción,  $\lambda$ , depende del número de Reynolds.

Cálculo del número de Reynolds: ( $R_e$ )

$$R_e = \frac{(\rho \cdot v \cdot D)}{\mu}$$

donde:

$R_e$ : Valor del número de Reynolds (adimensional).

$\rho$ : 1000 Kg/m<sup>3</sup>

$v$ : Velocidad del fluido (m/s).

$D$ : Diámetro de la tubería (m).

$\mu$ : Viscosidad del agua (0.001 poises a 20°C).

Cálculo del coeficiente de fricción ( $\lambda$ ) para un valor de  $R_e$  comprendido entre 3000 y 10<sup>5</sup> (éste es el caso más frecuente para instalaciones de captación solar):

$$\lambda = \frac{0,32}{R_e^{0,25}}$$

Como los cálculos se han realizado suponiendo que el fluido circulante es agua a una temperatura de 45°C y con una viscosidad de 2.336200 mPa·s, los valores de la pérdida de carga se multiplican por el siguiente factor de corrección:

$$factor = \sqrt[4]{\frac{\mu_{FC}}{\mu_{agua}}}$$

#### 4.5.5.2.10.3 Bomba de circulación

La bomba de circulación necesaria en el circuito primario se debe dimensionar para una presión disponible igual a las pérdidas totales del circuito (tuberías, captadores e intercambiadores). El caudal de circulación tiene un valor de 120.00 l/h.

La pérdida de presión en el conjunto de captación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta P_T = \frac{\Delta P \cdot N \cdot (N + 1)}{4}$$

donde:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\Delta P_T$ : Pérdida de presión en el conjunto de captación.

$\Delta P$ : Pérdida de presión para un captador

N: Número total de captadores

La pérdida de presión en el intercambiador tiene un valor de 800.0 Pa.

Por tanto, la pérdida de presión total en el circuito primario tiene un valor de 3897 KPa.

La potencia de la bomba de circulación tendrá un valor de 0.07 kW. Dicho valor se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$P = C \cdot \Delta p$$

donde:

P: Potencia eléctrica (kW)

C: Caudal (l/s)

$\Delta p$ : Pérdida total de presión de la instalación (Pa).

En este caso, utilizaremos una bomba de rotor húmedo montada en línea.

#### 4.5.5.2.10.4 Vaso de expansión

El valor teórico del coeficiente de expansión térmica, calculado según la norma UNE 100.155, es de 0.080. El vaso de expansión seleccionado tiene una capacidad de 5 l.

Para calcular el volumen necesario se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

donde:

$V_t$ : Volumen útil necesario (l).

V: Volumen total de fluido de trabajo en el circuito (l).

$C_e$ : Coeficiente de expansión del fluido.

$C_p$ : Coeficiente de presión

El volumen total de fluido contenido en el circuito primario se obtiene sumando el contenido en las tuberías (2.78 l), en los elementos de captación (1.36 l) y en el intercambiador (7.50 l). En este caso, el volumen total es de 11.64 l.

Con los valores de la temperatura mínima (-3°C) y máxima (140°C), y el valor del porcentaje de glicol etilénico en agua (21%) se obtiene un valor de 'Ce' igual a 0.080. Para calcular este parámetro se han utilizado las siguientes expresiones:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$C_e = fc \cdot (-95 + 1.2 \cdot t) \cdot 10^{-3}$$

donde:

fc: Factor de correlación debido al porcentaje de glicol etilénico.

t: Temperatura máxima en el circuito.

El factor 'fc' se calcula mediante la siguiente expresión:

$$fc = a \cdot (1.8 \cdot t + 32)^b$$

donde:

$$a = -0.0134 \cdot (G^2 - 143.8 \cdot G + 1918.2) = 8.39$$

$$b = 0.00035 \cdot (G^2 - 94.57 \cdot G + 500.) = -0.36$$

G: Porcentaje de glicol etilénico en agua (21%).

El coeficiente de presión (Cp) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_{\max}}{P_{\max} - P_{\min}}$$

donde:

Pmax: Presión máxima en el vaso de expansión.

Pmin: Presión mínima en el vaso de expansión.

El punto de mínima presión de la instalación corresponde a los captadores solares, ya que se encuentran a la cota máxima. Para evitar la entrada de aire, se considera una presión mínima aceptable de 1.5 bar.

La presión mínima del vaso debe ser ligeramente inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad (aproximadamente 0.9 veces). Por otro lado, el componente crítico respecto a la presión es el captador solar, cuya presión máxima es de 6 bar (sin incorporar el kit de fijación especial).

A partir de las presiones máxima y mínima, se calcula el coeficiente de presión (Cp). En este caso, el valor obtenido es de 1.3.

#### **4.5.5.2.10.5 Purgadores y desaireadores**

El sistema de purga está situado en la batería de captadores. Por tanto, se asume un volumen total de 100.0 cm<sup>3</sup>.

#### **4.5.5.2.11 Sistema de regulación y control**

El sistema de regulación y control tiene como finalidad la actuación sobre el régimen de funcionamiento de las bombas de circulación, la activación y desactivación del sistema antiheladas, así como el control de la temperatura máxima en el

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

acumulador.

#### **4.5.5.2.12 Aislamiento**

El aislamiento térmico del circuito primario se realizará mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. El espesor del aislamiento será de 30 mm en las tuberías exteriores y de 20 mm en las interiores.

#### **4.5.6 HE 5: CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

No aplicable

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4-6 **SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

## **SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

### **INDICE**

<b>4.6)</b>	<b><u>SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO</u></b>	<b>Pág. 498</b>
4.6.1)	<b><u>Compartimentación de sectores de incendio</u></b>	<b>Pág. 498</b>
4.6.1.1)	Locales y zonas de riesgo especial	Pág. 498
4.6.1.2)	Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios	Pág. 498
4.6.1.3)	Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario	Pág. 499
4.6.2)	<b><u>Propagación exterior</u></b>	<b>Pág. 499</b>
4.6.2.1)	Medianerías y fachadas	Pág. 499
4.6.2.2)	Cubiertas	Pág. 499
4.6.3)	<b><u>Evacuación de ocupantes</u></b>	<b>Pág. 499</b>
4.6.3.1)	Cálculo de la ocupación	Pág. 499
4.6.3.2)	Número de salidas y longitud de los recintos de evacuación	Pág. 499
4.6.3.3)	Dimensionado de los medios de evacuación	Pág. 499
4.6.3.4)	Protección de las escaleras	Pág. 500
4.6.3.5)	Puertas situadas en recorridos de evacuación	Pág. 500
4.6.3.6)	Señalización de los medios de evacuación	Pág. 500
4.6.3.7)	Control de humo de incendio	Pág. 500
4.6.3.8)	Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio	Pág. 500
4.6.4)	<b><u>Instalaciones de protección contra incendios</u></b>	<b>Pág. 500</b>
4.6.4.1)	Dotación de instalaciones de protección contra incendios	Pág. 500
4.6.5)	<b><u>Intervención de los bomberos</u></b>	<b>Pág. 500</b>
4.6.6)	<b><u>Resistencia al fuego de la estructura</u></b>	<b>Pág. 500</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.6. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO**

El objetivo del requisito básico "Seguridad en caso de incendio" consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

Exigencia básica SI 1 - Propagación interior

Exigencia básica SI 2 - Propagación exterior

Exigencia básica SI 3 – Evacuación de ocupantes

Exigencia básica SI 4 - Instalaciones de protección contra incendios

Exigencia básica SI 5 - Intervención de bomberos

Exigencia básica SI 6 – Resistencia al fuego de la estructura

El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio.

La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente y, por ende, la correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico Seguridad en caso de incendio.

##### **4.6.1. Compartimentación de sectores de incendio**

Se debe compartimentar el edificio en sectores de incendio según las condiciones de la tabla 1.1. del SI 1.

Los elementos separadores de sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego conforme a la tabla 1.2.

USO PREVISTO: RESIDENCIAL VIVIENDAS			
Superficie construida		Resistencia al fuego de las zonas delimitadas al fuego	
Exigencia CTE	Proyecto	Exigencia CTE	Proyecto
< 2500 m <sup>2</sup>	Único sector de incendio	EI 60	No existe separación entre sectores de incendio

##### **4.6.1.1. Locales y zonas de riesgo especial**

Los locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios se clasifican conforme los grados de riesgo alto, medio y bajo según los criterios que se establecen en la tabla 2.1. Los locales y las zonas así clasificados deben cumplir las condiciones que se establecen en la tabla 2.2.

A los efectos de este DB se excluyen los equipos situados en las cubiertas de los edificios, aunque estén protegidos mediante elementos de cobertura.

##### **4.6.1.2. Espacios ocultos. Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios**

No aplicable a interiores de vivienda.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.6.1.3. Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario**

No aplicable

#### **4.6.2. Propagación exterior**

No aplicable a interiores de vivienda.

##### **4.6.2.1. Medianerías y fachadas**

No aplicable, puesto que se trata de un edificio aislado, sin distintos sectores de incendio en su interior.

##### **4.6.2.2. Cubiertas**

No aplicable, puesto que se trata de un edificio aislado, sin distintos sectores de incendio en su interior.

#### **4.6.3. Evacuación de ocupantes**

El edificio dispondrá de los medios de evacuación adecuados para que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.

##### **4.6.3.1. Cálculo de la ocupación**

Para el cálculo de ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 en función de la superficie útil en cada zona, salvo cuando sea previsible una ocupación mayor. Según la tabla 2.1 para uso de residencial público la ocupación será de 20 m<sup>2</sup>/persona.

A efectos de determinar la ocupación se debe tener en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas de un edificio, considerando el régimen de actividad y de uso previsto para el mismo.

Planta	Uso previsto	S útil (m <sup>2</sup> )	Densidad de ocupación (m <sup>2</sup> /pers)	Ocupación
Vivienda	Residencial vivienda	290,78	20	19

##### **4.6.3.2. Número de salidas y longitud de los recintos de evacuación**

Se indica en la tabla 3.1 el número de salidas que debe haber en cada caso como mínimo será como la longitud de los recorridos de evacuación.

Disponemos de 1 salida en planta semisótano y dos salidas en planta primera. Hacia ninguna de ellas el recorrido evacuación supera los 50.

##### **4.6.3.3. Dimensionado de los medios de evacuación**

El dimensionado de los elementos de evacuación debe realizarse conforme a lo que se indica en la tabla 4.1:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Tipo de elemento	Dimensiones	
	Norma	Proyecto
Puertas y pasos	$A \geq P/200 \geq 0.80 \text{ m}$	Cumple
Pasillos	$A \geq P/200 \geq 1.00 \text{ m}$	Cumple
Escaleras no protegidas	$A \geq P/160$	Cumple
En zonas al aire libre Pasos pasillos y rampas	$A \geq P/160$	Cumple

Siendo  
 A: Anchura del elemento (m)  
 P: Número total de personas cuyo paso está previsto por el recinto cuya anchura se dimensiona

#### 4.6.3.4. Protección de las escaleras

Cumplirán lo especificado en la tabla 5.1 donde se indican las condiciones de protección que deben cumplir las escaleras previstas para evacuación.

#### 4.6.3.5. Puertas situadas en recorridos de evacuación

No exigible a edificio residencial vivienda.

#### 4.6.3.6. Señalización de los medios de evacuación

No exigible a edificio residencial vivienda.

#### 4.6.3.7. Control de humo de incendio

No se ha previsto en el edificio ningún sistema de control del humo de incendio, por no existir en él ninguna zona correspondiente a los usos recogidos en el apartado 8 (DB SI 3):

- Zonas de uso Aparcamiento que no tengan la consideración de aparcamiento abierto.
- Establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 1000 personas.
- Atrios, cuando su ocupación, en el conjunto de las zonas y plantas que constituyan un mismo sector de incendio, exceda de 500 personas, o bien cuando esté prevista su utilización para la evacuación de más de 500 personas.

#### 4.6.3.8. Evacuación de personas con discapacidad en caso de incendio

No se ha previsto la posibilidad de paso a un sector de incendio alternativo mediante una salida de planta accesible o de una zona de refugio para personas con discapacidad por no encontrarse el edificio entre los casos recogidos en el apartado 9 (DB SI 3).

#### 4.6.4. Instalaciones de protección contra incendios

##### 4.6.4.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios

No se ha previsto ningún equipo y/o instalación de protección contra incendios por no cumplir las condiciones exigidas en la tabla 1.1 para el uso previsto.

#### 4.6.5. Intervención de los bomberos

Como la altura de evacuación del edificio (2.88.0 m) es inferior a 9 m, según el punto 1.2 (CTE DB SI 5) no es necesario justificar las condiciones de accesibilidad por fachada para el personal del servicio de extinción de incendio; tampoco se

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

precisa la justificación de las condiciones del vial de aproximación, ni del espacio de maniobra para los bomberos, a disponer en las fachadas donde se sitúan los accesos al edificio.

#### **4.6.6. Resistencia al fuego de la estructura**

La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus propiedades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica. Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones

Se admite que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo del efecto de las acciones, en todo instante  $t$ , no supera el valor de la resistencia de dicho elemento.

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura, o soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el anejo B.

Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales				
Sector de incendio considerado (1)	Material estructural (2)			Resistencia al fuego de los elementos estructurales
	Soportes	Vigas	Entramados	
Planta semisótano	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R30
Planta primera	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R30
Planta cubierta	Estructura de piedra	Estructura de madera	Estructura de madera	R30

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"

**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra

**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**4-7 REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS**

## **REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS**

### **INDICE**

<b>4.7)</b>	<b><u>REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS</u></b>	<b>Pág. 504</b>
4.7.1)	<b><u>Exigencia de bienestar e higiene</u></b>	<b>Pág. 504</b>
4.7.1.1)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1	Pág. 504
4.7.1.2)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2	Pág. 504
4.7.1.2.1)	Categorías de calidad del aire interior	Pág. 504
4.7.1.2.2)	Caudal mínimo de aire exterior	Pág. 504
4.7.1.2.3)	Aire de extracción	Pág. 505
4.7.1.3)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3	Pág. 505
4.7.1.4)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4	Pág. 505
4.7.2)	<b><u>Exigencia de eficiencia energética</u></b>	<b>Pág. 506</b>
4.7.2.1)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor frío del apartado 1.2.4.1	Pág. 506
4.7.2.2)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2	Pág. 507
4.7.2.3)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3	Pág. 509
4.7.2.4)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5	Pág. 510
4.7.2.5)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6	Pág. 510
4.7.2.6)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7	P'ga. 510
4.7.2.7)	Lista de los equipos consumidores de energía	
4.7.3)	<b><u>Exigencia de seguridad</u></b>	<b>Pág. 510</b>
4.7.3.1)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1	Pág. 510
4.7.3.2)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2	Pág. 511
4.7.3.3)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3	Pág. 512
4.7.3.4)	Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado	Pág. 512

#### **4.7. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS**

##### **4.7.1. Exigencia de bienestar e higiene**

###### **4.7.1.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1**

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.13$

A continuación se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Baño / Aseo	24	21	50
Cocina	24	21	50
Dormitorio	24	21	50
Oficinas	24	21	50
Pasillo / Distribuidor	24	21	50
Salón / Comedor	24	21	50
Zonas comunes	24	20	50

###### **4.7.1.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2**

###### **4.7.1.2.1. Categorías de calidad del aire interior**

La instalación proyectada se incluye en un edificio de viviendas, por tanto se han considerado los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

###### **4.7.1.2.2. Caudal mínimo de aire exterior**

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

Se describe a continuación la ventilación diseñada para los recintos utilizados en el proyecto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Referencia	Caudales de ventilación			Calidad del aire interior	
	Por persona(m³/h)	Por unidad de superficie(m³/(h·m²))	Por recinto(m³/h)	IDA / IDA min.(m³/h)	Fumador(m³/(h·m²))
Baño / Aseo		2.7	54.0	Baño / Aseo	
Cocina		7.2		Cocina	
Dormitorio	18.0	2.7		Dormitorio	
				Galería	
Oficinas				IDA 2	No
Pasillo / Distribuidor		2.7		Pasillo / Distribuidor	
Salón / Comedor	10.8	2.7		Salón / Comedor	
				Zonas comunes	

#### 4.7.1.2.3. Aire de extracción

En función del uso del edificio o local, el aire de extracción se clasifica en una de las siguientes categorías:

AE 1 (bajo nivel de contaminación): aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar.

AE 2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupados con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar.

AE 3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.

AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Se describe a continuación la categoría de aire de extracción que se ha considerado para cada uno de los recintos de la instalación:

Referencia	Categoría
Oficinas	AE 1

#### 4.7.1.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3

La temperatura de preparación del agua caliente sanitaria se ha diseñado para que sea compatible con su uso, considerando las pérdidas de temperatura en la red de tuberías.

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

#### 4.7.1.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.7.2. Exigencia de eficiencia energética

##### 4.7.2.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor frío del apartado 1.2.4.1

#### Generalidades

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

#### **Cargas térmicas**

#### **- Cargas máximas simultáneas**

A continuación se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

#### Calefacción

Conjunto: vivienda unifamiliar							
Recinto	Planta	Carga interna sensible(W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal(m³/h)	Carga total(W)	Por superficie(W/m²)	Máxima simultánea(W)	Máxima(W)
Baño 1	Planta semisótano	121.91	54.00	161.33	40.85	283.25	283.25
Cocina	Planta semisótano	197.27	107.51	321.21	34.72	518.48	518.48
Salón	Planta semisótano	118.58	64.80	387.20	42.89	505.78	505.78
Comedor	Planta semisótano	219.93	64.80	387.20	35.45	607.13	607.13
Hall entrada	Planta semisótano	246.44	66.69	199.26	18.04	445.70	445.70
Habitación auxiliar	Planta semisótano	141.01	36.00	215.11	36.68	356.13	356.13
Cuarto de colada	Planta semisótano	164.83	21.05	62.90	29.20	227.73	227.73
Distribuidor principal	Planta alta	326.67	105.50	315.20	16.43	641.86	641.86
Baño 2	Planta alta	166.77	54.00	161.33	72.78	328.11	328.11
Salón	Planta alta	838.90	83.34	497.99	43.31	1336.89	1336.89
Despacho 1	Planta alta	214.85	42.51	254.00	55.15	468.85	468.85
Despacho 2	Planta alta	214.17	44.76	267.46	53.80	481.63	481.63
Zona de estudio	Planta alta	153.67	27.94	166.94	57.38	320.60	320.60
Salón Bajo Cubierta	Bajo Cubierta	576.91	83.06	496.30	34.89	1073.21	1073.21
Dormitorio principal	Bajo Cubierta	432.76	50.72	303.08	39.17	735.85	735.85
Dormitorio secundario	Bajo Cubierta	263.17	36.00	215.11	49.21	478.28	478.28
Baño 4	Bajo Cubierta	98.98	54.00	161.33	48.69	260.32	260.32
Baño 3	Bajo Cubierta	175.30	54.00	161.33	56.18	336.64	336.64
Escaleras	Bajo Cubierta	105.90	38.61	115.35	15.47	221.25	221.25
Vestidor 1	Bajo Cubierta	141.36	0.00	0.00	17.98	141.36	141.36
Vestidor 2	Bajo Cubierta	68.11	0.00	0.00	18.35	68.11	68.11
<b>Total</b>			<b>1089.3</b>	<b>Carga total simultánea</b>		<b>9837.1</b>	

En el anexo aparece el cálculo de la carga térmica para cada uno de los recintos de la instalación.

#### **-Cargas parciales y mínimas**

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes(kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
vivienda unifamiliar	9.84	9.84	9.84

#### 4.7.2.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2

##### Aislamiento térmico en redes de tuberías

###### - Introducción

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

###### - Tuberías en contacto con el ambiente exterior

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de invierno: 2.8 °C

Velocidad del viento: 7.4 m/s

###### - Tuberías en contacto con el ambiente interior

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.

A continuación se describen las tuberías en el ambiente interior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	Ø	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$Q_{\text{cal.}}$ (W)
Tipo 1	32 mm	0.037	27	4.99	5.08	12.03	121.1
Tipo 1	25 mm	0.037	25	7.35	10.77	10.92	197.8
Tipo 1	20 mm	0.037	25	9.45	5.99	10.09	155.8
<b>Total</b>							<b>475</b>

##### Abreviaturas utilizadas

Ø	Diámetro nominal	$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento	$\Phi_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento	$Q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión		

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 15 % al cálculo de la pérdida de calor.

**- Pérdida de calor en tuberías**

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia de calefacción(kW)
Tipo 1	23.60
<b>Total</b>	<b>23.60</b>

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera mural a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea, cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

Calefacción

Potencia de los equipos(kW)	q <sub>cal</sub> (W)	Pérdida de calor(%)
23.60	474.6	2.0

Por tanto la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

**Eficiencia energética de los motores eléctricos**

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

**Redes de tuberías**

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

#### **4.7.2.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3**

##### **Generalidades**

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

##### **Control de las condiciones termohigrométricas**

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

THM-C1:

Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

Además, en los sistemas de calefacción por agua en viviendas se incluye una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los recintos principales.

THM-C2:

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

THM-C3:

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C4:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

THM-C5:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
vivienda unifamiliar	THM-C1

##### **Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización**

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

#### **4.7.2.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado**

##### **Zonificación**

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

#### **4.7.2.5. Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6**

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

#### **4.7.2.6. Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7**

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- ⇒ El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- ⇒ No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- ⇒ No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interacción de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- ⇒ No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

#### **4.7.2.7. Lista de los equipos consumidores de energía**

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

Calderas y grupos térmicos

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera mural a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea, cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

#### **4.7.3. Exigencia de seguridad**

##### **4.7.3.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1**

##### **Condiciones generales**

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **Salas de máquinas**

El ámbito de aplicación de las salas de máquinas, así como las características comunes de los locales destinados a las mismas, incluyendo sus dimensiones y ventilación, se ha dispuesto según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 Salas de máquinas del RITE.

### **Chimeneas**

La evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas del edificio se realiza de acuerdo a la instrucción técnica 1.3.4.1.3 Chimeneas, así como su diseño y dimensionamiento y la posible evacuación por conducto con salida directa al exterior o al patio de ventilación.

### **Almacenamiento de biocombustibles sólidos**

No se ha seleccionado en la instalación ningún productor de calor que utilice biocombustible.

#### **4.7.3.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2**

### **Alimentación**

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal(kW)	Calor	Frio
	DN(mm)	DN(mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

### **Vaciado y purga**

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal(kW)	Calor	Frio
	DN(mm)	DN(mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

### **Expansión y circuito cerrado**

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

### **Dilatación, golpe de ariete, filtración**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

### **Conductos de aire**

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenums, conexión de unidades terminales, pasillos, tratamiento de agua, unidades terminales) se ha realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

#### **4.7.3.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3**

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.

#### **4.7.3.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4**

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 4-8 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

## **INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN**

### **INDICE**

4.8)	<b><u>INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN</u></b>	<b>Pág. 515</b>
4.8.1)	<b><u>Sistemas de conducción de aguas. Tuberías</u></b>	<b>Pág. 516</b>
4.8.2)	<b><u>Sistemas de suelo radiante</u></b>	<b>Pág. 516</b>
4.8.2.1)	Bases de cálculo	Pág. 516
4.8.2.1.1)	Cálculo de la carga térmica de los recintos	Pág. 516
4.8.2.1.2)	Localización de los colectores	Pág. 517
4.8.2.1.3)	Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes	Pág. 518
4.8.2.1.4)	Cálculo de la temperatura de impulsión del agua	Pág. 519
4.8.2.1.5)	Cálculo del caudal de agua de los circuitos	Pág. 520
4.8.2.2)	Dimensionado	Pág. 521
4.8.2.2.1)	Dimensionado del circuito hidráulico	Pág. 521
4.8.2.2.2)	Selección de la caldera o bomba de calor	Pág. 522
4.8.3)	<b><u>ANEXO A: NORMA UNE EN 1264</u></b>	<b>Pág. 522</b>
4.8.4)	<b><u>LISTADO DE CARGAS TÉRMICAS</u></b>	<b>Pág. 525</b>
4.8.4.1)	Parámetros generales	Pág. 525
4.8.4.2)	Resultado de cálculo de los recintos	Pág. 526
4.8.4.2.1)	Calefacción	Pág. 526
4.8.4.3)	Resumen de los resultados de cálculo de los recintos	Pág. 542
4.8.4.4)	Resumen de los resultados para conjuntos de recintos	Pág. 543

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.8. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

##### 4.8.1. Sistemas de conducción de aguas. Tuberías

Tuberías (Calefacción)								
Inicio	Tramo Final	Tipo	Φ	Q(l/s)	V(m/s)	L(m)	ΔP <sub>1</sub> (kPa)	ΔP (kPa)
A13-Planta semisótano	A13-Planta semisótano	Impulsión (*)	32 mm	0.43	0.8	1.55	0.432	24.96
A13-Planta semisótano	N2-Planta semisótano	Impulsión (*)	32 mm	0.43	0.8	0.11	0.030	24.99
A41-Planta semisótano	A41-Planta semisótano	Impulsión (*)	25 mm	0.16	0.5	0.65	0.097	70.16
N2-Planta semisótano	A41-Planta semisótano	Impulsión (*)	25 mm	0.16	0.5	6.70	1.003	25.99
N2-Planta semisótano	N2-Planta alta	Impulsión	32 mm	0.28	0.5	3.33	0.420	25.41
N2-Planta alta	A13-Planta alta	Impulsión	20 mm	0.14	0.7	2.76	1.086	26.49
N2-Planta alta	N2-Bajo Cubierta	Impulsión	20 mm	0.13	0.6	4.33	1.477	26.88
A13-Planta alta	A13-Planta alta	Impulsión	20 mm	0.14	0.7	0.65	0.256	52.20
N2-Bajo Cubierta	A20-Bajo Cubierta	Impulsión	20 mm	0.13	0.6	1.06	0.362	27.25
A20-Bajo Cubierta	A20-Bajo Cubierta	Impulsión	20 mm	0.13	0.6	0.65	0.222	63.13
A13-Planta semisótano	A13-Planta semisótano	Retorno (*)	32 mm	0.43	0.8	1.55	0.463	0.46
A41-Planta semisótano	A41-Planta semisótano	Retorno (*)	25 mm	0.16	0.5	0.65	0.105	1.72
A41-Planta semisótano	N1-Planta semisótano	Retorno (*)	25 mm	0.16	0.5	6.79	1.098	1.62
N1-Planta semisótano	A13-Planta semisótano	Retorno (*)	32 mm	0.43	0.8	0.20	0.059	0.52
N1-Planta semisótano	N1-Planta alta	Retorno	32 mm	0.28	0.5	3.33	0.452	0.97
N1-Planta alta	N1-Bajo Cubierta	Retorno	20 mm	0.13	0.6	4.33	1.591	2.56
A13-Planta alta	A13-Planta alta	Retorno	25 mm	0.14	0.4	0.65	0.092	1.44
A13-Planta alta	N1-Planta alta	Retorno	25 mm	0.14	0.4	2.68	0.379	1.35
A20-Bajo Cubierta	A20-Bajo Cubierta	Retorno	20 mm	0.13	0.6	0.65	0.239	3.17
A20-Bajo Cubierta	N1-Bajo Cubierta	Retorno	20 mm	0.13	0.6	1.01	0.371	2.94

(\*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.

#### Abreviaturas utilizadas

Φ *Diámetro nominal*

L *Longitud*

Q *Caudal*

ΔP<sub>1</sub> *Pérdida de presión*

V *Velocidad*

ΔP *Pérdida de presión acumulada*

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.8.2. Sistemas de suelo radiante

##### 4.8.2.1. Bases de cálculo

##### 4.8.2.1.1. Cálculo de la carga térmica de los recintos

Para diseñar una instalación de suelo radiante es necesario calcular previamente las cargas térmicas de los recintos. En caso de disponer de una instalación de refrigeración, se considera la carga térmica sensible instantánea para la hora y el día más desfavorable.

Una vez calculadas las cargas térmicas se describe la información necesaria para realizar el diseño de la instalación para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Recinto	Planta	$Q_{N,f}$ calefacción (W)	S(m <sup>2</sup> )	q calefacción(W/m <sup>2</sup> )
vivienda unifamiliar	Cocina	Planta semisótano	518.48	14.93	34.7
	Comedor	Planta semisótano	607.13	17.13	35.4
	Baño 1	Planta semisótano	283.25	6.93	40.8
	Salón	Planta semisótano	505.78	11.79	42.9
	Habitación auxiliar	Planta semisótano	356.13	9.71	36.7
	Baño 2	Planta alta	328.11	4.51	72.8
	Despacho 2	Planta alta	481.63	8.95	53.8
	Zona de estudio	Planta alta	320.60	5.59	57.4
	Salón	Planta alta	1336.89	30.87	43.3
	Despacho 1	Planta alta	468.85	8.50	55.1
	Dormitorio principal	Bajo Cubierta	735.85	18.79	39.2
	Vestidor 1	Bajo Cubierta	141.36	7.86	18.0
	Dormitorio secundario	Bajo Cubierta	478.28	9.72	49.2
	Baño 4	Bajo Cubierta	260.32	5.35	48.7
	Vestidor 2	Bajo Cubierta	68.11	3.71	18.3
	Baño 3	Bajo Cubierta	336.64	5.99	56.2
	Salón Bajo Cubierta	Bajo Cubierta	1073.21	30.76	34.9

#### Abreviaturas utilizadas

$Q_{N,f}$ calefacción	Carga térmica de calefacción para el cálculo de suelo radiante	q calefacción	Densidad de flujo térmico para calefacción
$Q_{N,f}$ refrigeración	Carga térmica de refrigeración para el cálculo de suelo radiante	q refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración
S	Superficie del recinto		

Para realizar el cálculo de la instalación de suelo radiante se debe partir de una temperatura máxima de la superficie del suelo según el tipo de instalación:

Suelo radiante para calefacción:

Tipos de recinto	$\theta_{f,max}$ (°C)	$\theta_i$ (°C)	q <sub>G</sub> (W/m <sup>2</sup> )
Zona de permanencia (ocupada)	29	20	100
Cuartos de baño y similares	33	24	100
Zona periférica	35	20	175

#### Abreviaturas utilizadas

$\theta_{f,ma}$	Temperatura máxima de la superficie del suelo	q <sub>G</sub>	Densidad de flujo térmico límite
-----------------	---	----------------	----------------------------------

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$\theta_i$  Temperatura del recinto

Suelo radiante para refrigeración:

Tipos de recinto	$\theta_{f,min}$ (°C)	$\theta_i$ (°C)	$q_G$ (W/m <sup>2</sup> )
Zona de permanencia (ocupada)	19	24	35

#### Abreviaturas utilizadas

$\theta_{f,min}$  Temperatura mínima de la superficie del suelo

$q_G$  Densidad de flujo térmico límite

$\theta_i$  Temperatura del recinto

La densidad de flujo térmico límite según sea para calefacción o refrigeración se calcula por medio de la siguiente expresión:

Calefacción

$$q = 8.92 (\theta_{f,max} - \theta_i)^{1.1} \text{ (W / m}^2\text{)}$$

Refrigeración

$$q = 7 (|\theta_{f,min} - \theta_i|) \text{ (W / m}^2\text{)}$$

La temperatura máxima en la superficie limita que el suelo radiante pueda cubrir el total de las cargas térmicas. Para este caso es necesario disponer de emisores térmicos auxiliares para complementar el sistema de suelo radiante. Para el caso de los recintos que superan la densidad máxima de flujo térmico se considera el límite descrito como valor de diseño.

#### 4.8.2.1.2. Localización de los colectores

La instalación dispone de colectores de impulsión y de retorno que comunican el equipo productor con los circuitos de suelo radiante.

Los colectores deben disponerse en un lugar centrado respecto a los recintos a los que da servicio, normalmente en pasillos y distribuidores.

Se describe a continuación la localización de los armarios introducidos en el proyecto y el número de circuitos que abastecen.

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Recinto	Planta
vivienda unifamiliar	CC 1	C 1	Cocina	Planta semisótano
		C 2	Comedor	Planta semisótano
		C 3	Baño 1	Planta semisótano
		C 4	Salón	Planta semisótano
		C 5	Habitación auxiliar	Planta semisótano
vivienda unifamiliar	CC 2	C 1	Baño 2	Planta alta
		C 2	Despacho 2	Planta alta
		C 3	Zona de estudio	Planta alta

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	C 4	Salón	Planta alta
	C 5	Salón	Planta alta
	C 6	Despacho 1	Planta alta
	C 1	Dormitorio principal	Bajo Cubierta
	C 2	Vestidor 1	Bajo Cubierta
	C 3	Dormitorio secundario	Bajo Cubierta
CC 3	C 4	Baño 4	Bajo Cubierta
	C 5	Vestidor 2	Bajo Cubierta
	C 6	Baño 3	Bajo Cubierta
	C 7	Salón Bajo Cubierta	Bajo Cubierta

#### 4.8.2.1.3. Diseño de circuitos. Cálculo de longitudes

La longitud de la tubería para cada circuito se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$

donde:

A = Área a climatizar cubierta por el circuito (m<sup>2</sup>)

e = Separación entre tuberías (m)

l = Distancia entre el colector y el área a climatizar (m)

Se describen, a continuación, los parámetros necesarios para el diseño de cada uno de los circuitos de la instalación:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	Trazado	Separación entre tuberías(cm)	S(m <sup>2</sup> )	q calefacción(W/m <sup>2</sup> )	Longitud máxima(m)	Longitud real(m)
vivienda unifamiliar	CC 1	C 1	Espiral	20.0	12.46	43.1	120.0	79.4
		C 2	Espiral	20.0	17.11	37.8		91.7
		C 3	Espiral	15.0	6.14	91.5		46.2
		C 4	Espiral	20.0	11.79	<b>42.9</b>		61.7
		C 5	Espiral	20.0	9.71	37.1		61.0
		C 6	Espiral	20.0	9.71	37.1		61.0
	CC 2	C 1	Espiral	10.0	3.70	139.2	120.0	52.2
		C 2	Espiral	20.0	8.94	53.4		53.7
		C 3	Espiral	20.0	5.59	<b>57.4</b>		44.5
		C 4	Espiral	20.0	13.64	44.4		93.6
		C 5	Espiral	20.0	16.74	44.4		109.1
		C 6	Espiral	20.0	8.50	54.9		46.0
	CC 3	C 1	Espiral	20.0	18.25	57.5	120.0	110.6
		C 2	Espiral	20.0	5.63	60.6		49.9
		C 3	Espiral	20.0	9.72	57.5		58.3
		C 4	Espiral	10.0	3.98	161.6		58.4
		C 5	Doble	20.0	2.33	60.6		32.3
		C 6	Doble	10.0	3.89	161.6		60.3
		C 7	Doble	20.0	14.27	<b>75.2</b>		73.9

#### Abreviaturas utilizadas

S	Superficie del recinto	q refrigeración	Densidad de flujo térmico para refrigeración
q	Densidad de flujo térmico para calefacción		

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.8.2.1.4. Cálculo de la temperatura de impulsión del agua

Para calcular la temperatura de impulsión de cada uno de los circuitos se considera la densidad de flujo térmico de cada uno de ellos, a excepción de los cuartos de baño.

$$q = K_H \cdot \Delta\theta_H$$

donde:

q = Densidad de flujo térmico

K<sub>H</sub> = Constante que depende de las siguientes variables:

- ⇒ Suelo (espesor del revestimiento y conductividad)
- ⇒ Losa de cemento (espesor y conductividad)
- ⇒ Tubería (diámetro exterior, incluido el revestimiento, espesor y conductividad)

Δθ<sub>H</sub> = Desviación media de la temperatura aire-agua, que depende de las siguientes variables:

- ⇒ Temperatura de impulsión
- ⇒ Temperatura de retorno
- ⇒ Temperatura del recinto

Para calcular la temperatura de impulsión a partir de la máxima densidad de flujo térmico, se tomarán los siguientes datos:

- ⇒ Calefacción: se fija un salto térmico del agua de 5°C.
- ⇒ Refrigeración: se fija un salto térmico del agua de 2°C. En el caso de refrigeración siempre existe la limitación del punto de rocío, siendo la temperatura de impulsión, incrementada en un grado por las pérdidas, no inferior a la de rocío.

En el Anexo Norma UNE-EN 1264 se describe detalladamente la formulación utilizada en este cálculo.

Para el resto de recintos se debe utilizar la misma formulación, siendo la temperatura de retorno de cada uno de los circuitos el valor calculado.

Se muestra a continuación un resumen de los resultados obtenidos:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Circuito	θ <sub>v</sub> calefacción (°C)	θ <sub>R</sub> calefacción (°C)	P <sub>inst</sub> calefacción (W)	P <sub>req</sub> calefacción (W)
vivienda unifamiliar	CC 1	C 1	37.9	24.3	536.9	518.5
		C 2		23.3	646.9	607.1
		C 3		34.9	562.0	998.5
		C 4		32.9	505.8	505.8
		C 5		29.7	360.6	356.1
	CC 2	C 1	42.7	39.7	514.8	601.4
		C 2		35.4	477.8	481.6
		C 3		37.7	320.6	320.6
		C 4		30.5	605.3	600.2
		C 5		30.5	743.0	736.7
CC 3	C 1	48.6	33.6	1049.1	735.8	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

C 2	33.6	341.3	141.4
C 3	33.6	558.6	478.3
C 4	40.7	643.2	647.1
C 5	33.6	141.2	68.1
C 6	40.7	628.7	632.5
C 7	43.6	1073.2	1073.2

#### Abreviaturas utilizadas

$\theta_V$ calefacción	Temperatura de impulsión calefacción	$\theta_V$ refrigeración	Temperatura de impulsión refrigeración
$\theta_R$ calefacción	Temperatura de retorno calefacción	$\theta_R$ refrigeración	Temperatura de retorno refrigeración
$P_{inst}$ calef	Potencia instalada de calefacción	$P_{inst}$ refrigeración	Potencia instalada de refrigeración
$P_{req}$ calefacción	Potencia requerida de calefacción	$P_{req}$ refrigeración	Potencia requerida de refrigeración

#### 4.8.2.1.5. Cálculo del caudal de agua de los circuitos

El caudal del circuito se calcula con la siguiente expresión:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_w} \left( 1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$

donde:

$A_F$  = Superficie cubierta por el circuito de suelo radiante

$q$  = Densidad de flujo térmico

$\sigma$  = Salto de temperatura

$c_w$  = Calor específico del agua

$R_o$  = Resistencia térmica parcial ascendente del suelo

$R_u$  = Resistencia térmica parcial descendente del suelo

$\theta_u$  = Temperatura del recinto inferior

$\theta_i$  = Temperatura del recinto

Los valores de las resistencias térmicas, tanto ascendente como descendente, se calculan mediante las siguientes expresiones:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$R_0 = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda, B} + \frac{S_u}{\lambda_u}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 0,093 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_u = R_{\lambda, 1} + R_{\lambda, 2} + R_{\lambda, 3} + R_{\alpha, 4}$$

$$R_{\alpha, 4} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

donde:

$R_{\lambda, B}$  = Resistencia térmica del revestimiento del suelo

$S_u$  = Espesor, por encima del tubo, de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

$\lambda_u$  = Conductividad térmica de la capa de soporte de la carga y de difusión térmica

$R_{\lambda, 1}$  = Resistencia térmica del aislante

$R_{\lambda, 2}$  = Resistencia térmica del forjado

$R_{\lambda, 3}$  = Resistencia térmica del falso techo

$R_{\alpha, 4}$  = Resistencia térmica del techo

#### 4.8.2.2. Dimensionado

##### 4.8.2.2.1. Dimensionado del circuito hidráulico

El dimensionamiento de las tuberías se realiza tomando los siguientes parámetros:

⇒ Velocidad máxima = 2.0 m/s

⇒ Pérdida de presión máxima por unidad de longitud = 400.0 Pa/m

Se describe a continuación la instalación calculada:

Conjunto de recintos	Armario de colectores	Tipo	Circuito	$\varnothing_N$ (mm)	Caudal calefacción(l/h)	$\Delta P$ calefacción (kPa)
vivienda unifamiliar	CC 1	Tipo 1	C 1	16	38.96	1.6
			C 2	16	42.72	2.1
			C 3	16	329.44	34.3
			C 4	16	105.24	6.4
			C 5	16	45.43	1.6
	CC 2	Tipo 1	C 1	16	198.13	15.6
			C 2	16	69.16	2.7
			C 3	16	67.39	2.1

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

		C 4	16	50.32	2.7
		C 5	16	61.77	4.5
		C 6	16	74.22	2.6
		C 1	16	50.74	3.2
		C 2	16	9.83	0.1
		C 3	16	32.64	0.8
CC 3	Tipo 1	C 4	16	81.89	3.8
		C 5	16	4.93	0.0
		C 6	16	80.05	3.7
		C 7	16	220.26	25.9

#### Abreviaturas utilizadas

$\varnothing_N$	Diámetro nominal	Caudal refrigeración	Caudal del circuito refrigeración
Caudal calefacción	Caudal del circuito calefacción	$\Delta P$ refrigeración	Pérdida de presión del circuito refrigeración
$\Delta P$ calefacción	Pérdida de presión del circuito calefacción		

Equipo	Descripción
Tipo 1	Colector modular plástico de 1" de diámetro, con caudalímetros, para tubería de 12 mm de diámetro

La bomba de circulación se calcula tomando la pérdida de presión del circuito más desfavorable y la suma de caudales de los circuitos.

#### 4.8.2.2. Selección de la caldera o bomba de calor

La bomba de calor o la caldera se seleccionan en función de la carga máxima simultánea del conjunto de recintos.

Equipo	Conjunto de recintos	Armario de colectores	Potencia de calefacción instalada(W)
		CC 1	2612.2
Tipo 1	vivienda unifamiliar	CC 2	3128.3
		CC 3	4435.3

Equipo	Descripción
Tipo 1	Caldera mural a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea, cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

#### 4.8.3. ANEXO A: NORMA UNE EN 1264

El flujo de calor procedente de las tuberías se calcula mediante la siguiente expresión:

$$q = B \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot \Delta\theta_H$$

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T \cdot a_T^{m_T} \cdot a_U^{m_U} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta\theta_H$$

La expresión anterior es válida para una separación máxima entre tuberías que cumpla  $T < 0.375$  m.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

La siguiente expresión es válida para una separación mínima entre tuberías que cumpla  $T > 0.375$  m.

$$q = q_{0.375} \frac{0.375}{T}$$

**a<sub>B</sub>: Factor de revestimiento del suelo**

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

$\alpha = 10.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

$\lambda_{u,0} = 1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

$S_{u,0} = 0.045 \text{ m}$

$R_{\lambda,B}$  = Resistencia térmica del revestimiento

$\lambda_E$  = Conductividad térmica del revestimiento

**a<sub>T</sub>: Factor de paso**

$R_{\lambda,B}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0	0.05	0.10	0.15
a <sub>T</sub>	1.23	1.188	1.156	1.134

**a<sub>U</sub>: Factor de recubrimiento**

$R_{\lambda,B}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)				
<b>0.05</b>	1.069	1.056	1.043	1.037
<b>0.075</b>	1.066	1.053	1.041	1.035
<b>0.1</b>	1.063	1.05	1.039	1.0335
<b>0.15</b>	1.057	1.046	1.035	1.0305
<b>0.2</b>	1.051	1.041	1.0315	1.0275
<b>0.225</b>	1.048	1.038	1.0295	1.026
<b>0.3</b>	1.0395	1.031	1.024	1.021
<b>0.375</b>	1.03	1.022	1.018	1.015

**a<sub>D</sub>: Factor adimensional en función del diámetro exterior de la tubería**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$R_{\lambda,B}$ (m <sup>2</sup> K/W)	0	0.05	0.10	0.15
T(m)			$a_D$	
<b>0.05</b>	1.013	1.013	1.012	1.011
<b>0.075</b>	1.021	1.019	1.016	1.014
<b>0.1</b>	1.029	1.025	1.022	1.018
<b>0.15</b>	1.04	1.034	1.029	1.024
<b>0.2</b>	1.046	1.04	1.035	1.03
<b>0.225</b>	1.049	1.043	1.038	1.033
<b>0.3</b>	1.053	1.049	1.044	1.039
<b>0.375</b>	1.056	1.051	1.046	1.042

$$m_T = 1 - \frac{T}{0.075}$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición  $0.050 \text{ m} \leq T \leq 0.375 \text{ m}$ , donde T es la separación entre tuberías.

$$m_u = 100(0.045 - S_u)$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición  $S_u \geq 0.015 \text{ m}$ , donde  $S_u$  es el espesor de la capa por encima de la tubería.

$$m_D = 250(D - 0.020)$$

La expresión anterior es válida si se cumple la condición  $0.010 \text{ m} \leq D \leq 0.030 \text{ m}$ , donde D es el diámetro exterior de la tubería, incluido el revestimiento, si procede.

$$B = B_0$$

Tipo de superficie	$B_0$ (W/(m <sup>2</sup> ·K))
Suelo radiante para calefacción	6.7
Suelo radiante para refrigeración	5.2

Cuando la tubería tiene las siguientes propiedades:

Conductividad térmica

$$\lambda R = \lambda R, 0 = 0.35 \quad (\text{W/mK})$$

Espesor de la capa

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$sR = sR,0 = (da - di) / 2 = 0.002m$$

Si las tuberías no cumplen las condiciones anteriores, debe utilizarse la siguiente expresión:

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{B_0} + \frac{1.1}{\pi} \cdot \prod_i (a_i^{m_i}) \cdot T \cdot \left[ \frac{1}{2\lambda_R} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_R} - \frac{1}{2\lambda_{R,0}} \ln \frac{d_a}{d_a - 2S_{R,0}} \right]$$

donde:

$\lambda_R$  = Conductividad de la capa de la tubería

$\lambda_{R,0}$  = 0.35 W/m·K

$sR$  = Espesor de pared de la tubería

$sR,0$  = (da - di)/2 = 0.002 m

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}}$$

donde:

$\theta_R$  = Temperatura de retorno

$\theta_V$  = Temperatura de impulsión

$\theta_i$  = Temperatura del recinto

#### **4.8.4. LISTADO DE CARGAS TÉRMICAS**

##### **4.8.4.1. Parámetros generales**

Emplazamiento: Vilagarcía de Arousa

Altitud sobre el nivel del mar: 10 m

Percentil para invierno: 97.5 %

Temperatura seca en invierno: 2.80 °C

Humedad relativa en invierno: 90 %

Velocidad del viento: 7.4 m/s

Temperatura del terreno: 6.93 °C

Porcentaje de mayoración por la orientación N: 20 %

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Porcentaje de mayoración por la orientación S: 0 %

Porcentaje de mayoración por la orientación E: 10 %

Porcentaje de mayoración por la orientación O: 10 %

Suplemento de intermitencia para calefacción: 5 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Invierno): 0 %

#### 4.8.4.2. Resultado de cálculo de los recintos

##### 4.8.4.2.1. Calefacción

#### Planta semisótano

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
Recinto	Conjunto de recintos					
Baño 1 (Baño / Aseo)	vivienda unifamiliar					
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE(W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	NO	6.1	0.28	1862	Claro	35.64
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))			
1	NO	0.9	1.37	25.82		
Forjados inferiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Solera tipo Caviti	6.9	0.17	996	16.34		
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Pared interior	8.4	0.50	63	38.32		
<b>Total estructural</b>						<b>116.11</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 5.81
<b>Cargas internas totales</b>						<b>121.91</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
						54.0
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>161.33</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 6.9 m<sup>2</sup></b>				<b>40.8 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>	
					<b>283.2 W</b>	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
Recinto	Conjunto de recintos					
Cocina (Cocina)	vivienda unifamiliar					
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE(W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	SE	9.3	0.28	1862	Claro	49.17
Fachada	NE	12.6	0.28	1862	Claro	73.07
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))			
1	NE		0.9	1.37		25.82
1	NE		0.2	1.09		4.64
Forjados inferiores						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Solera tipo Caviti	14.9	0.17	996	35.18		
<b>Total estructural</b>						<b>187.87</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 9.39
<b>Cargas internas totales</b>						<b>197.27</b>
Ventilación						
Caudal de ventilación total (m <sup>3</sup> /h)						
107.5						321.21
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>321.21</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 14.9 m<sup>2</sup></b>				<b>34.7 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>	
						<b>518.5 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
Recinto	Conjunto de recintos					
Salón (Salón / Comedor)	vivienda unifamiliar					
Condiciones de proyecto						
Internas			Externas			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE(W)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Cerramientos exteriores</b>							
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Fachada	SO	8.8	0.28	1851	Claro		44.56
<b>Ventanas exteriores</b>							
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))				
1	SO		0.2	1.01			2.94
<b>Forjados inferiores</b>							
Tipo		Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Solera tipo Caviti		11.8	0.16	980			27.26
<b>Cerramientos interiores</b>							
Tipo		Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Pared interior		1.6	0.50	52			7.29
Hueco interior		1.7	2.03				30.89
<b>Total estructural</b>							<b>112.93</b>
<b>Cargas interiores totales</b>							
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 %	5.65
<b>Cargas internas totales</b>							<b>118.58</b>
<b>Ventilación</b>							
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>							
						64.8	387.20
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>							<b>387.20</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 11.8 m<sup>2</sup></b>						<b>42.9 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 505.8 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
Recinto	Conjunto de recintos					
Comedor (Salón / Comedor)	vivienda unifamiliar					
<b>Condiciones de proyecto</b>						
Internas	Externas					
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C					
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %					
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>		<b>C. SENSIBLE(W)</b>				
<b>Cerramientos exteriores</b>						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	NE	14.5	0.28	1851	Claro	84.55
Fachada	NO	9.3	0.28	1851	Claro	54.10
<b>Ventanas exteriores</b>						

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	
1	NE	0.9	1.37	25.82
1	NE	0.2	1.09	4.64
<b>Forjados inferiores</b>				
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	
Solera tipo Caviti	17.1	0.17	996	40.35
<b>Total estructural</b>				<b>209.46</b>
<b>Cargas interiores totales</b>				
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>				5.0 % 10.47
<b>Cargas internas totales</b>				<b>219.93</b>
<b>Ventilación</b>				
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>				
64.8				387.20
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>				<b>387.20</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 17.1 m<sup>2</sup></b>				<b>35.4 W/m<sup>2</sup></b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>				<b>607.1 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Hall entrada (Pasillo / Distribuidor)		vivienda unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	SE	9.4	0.28	1851	Claro	50.20
<b>Puertas exteriores</b>						
Núm. puertas	Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))		
1	Opaca	SE	2.3	3.00		129.18
<b>Forjados inferiores</b>						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Solera tipo Caviti	24.7	0.15	943	51.58		
<b>Cerramientos interiores</b>						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Pared interior	0.8	0.50	52	3.74		
<b>Total estructural</b>						<b>234.70</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>	5.0 %	11.74
<b>Cargas internas totales</b>		<b>246.44</b>
<b>Ventilación</b>		
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>		
66.7		199.26
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>		<b>199.26</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 24.7 m²</b>	<b>18.0 W/m²</b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b> <b>445.7 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>					
Habitación auxiliar (Dormitorio)	vivienda unifamiliar					
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>	<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C					
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %					
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>	
Fachada	SO	10.4	0.28	1851	Claro	52.76
Fachada	SE	7.3	0.28	1851	Claro	38.89
<b>Ventanas exteriores</b>						
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>			
1	SO		0.7	1.40		17.28
1	SO		0.2	1.01		2.94
<b>Forjados inferiores</b>						
<b>Tipo</b>		<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>		
Solera tipo Caviti		9.7	0.16	980		22.44
<b>Total estructural</b>						<b>134.30</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>	5.0 %	6.71				
<b>Cargas internas totales</b>		<b>141.01</b>				
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>						
36.0						
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>		<b>215.11</b>				
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 9.7 m²</b>	<b>36.7 W/m²</b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b> <b>356.1 W</b>				

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Cuarto de colada (Pasillo / Distribuidor)		vivienda unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>	
Fachada	NO	7.9	0.28	1851	Claro	45.83
Fachada	SO	7.7	0.28	1851	Claro	39.06
<b>Ventanas exteriores</b>						
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>			
1	SO	0.7	1.40	17.28		
<b>Forjados inferiores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>			
Solera tipo Caviti	7.8	0.15	943	16.28		
<b>Cerramientos interiores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>			
Pared interior	8.4	0.50	52	38.53		
<b>Total estructural</b>						<b>156.98</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 7.85
<b>Cargas internas totales</b>						<b>164.83</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
21.1						62.90
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>62.90</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 7.8 m<sup>2</sup></b>				<b>29.2 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 227.7 W</b>	

## Planta alta

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>	
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>
Distribuidor principal (Pasillo / Distribuidor)	vivienda unifamiliar
<b>Condiciones de proyecto</b>	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Internas</b>		<b>Externas</b>	
Temperatura interior = 21.0 °C		Temperatura exterior = 2.8 °C	
Humedad relativa interior = 50.0 %		Humedad relativa exterior = 90.0 %	
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>			<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>
Fachada	NO	5.0	0.28
Fachada	SO	8.8	0.28
<b>Puertas exteriores</b>			
<b>Núm. puertas</b>	<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>
1	Opaca	SO	4.2
<b>Cerramientos interiores</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>
Forjado	3.7	0.25	435
<b>Total estructural</b>			<b>311.11</b>
<b>Cargas interiores totales</b>			
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>			5.0 %
<b>Cargas internas totales</b>			<b>326.67</b>
<b>Ventilación</b>			
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>			
105.5			315.20
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>			<b>315.20</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 39.1 m²</b>			<b>16.4 W/m²</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>			<b>641.9 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>	
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>
Baño 2 (Baño / Aseo)	vivienda unifamiliar
<b>Condiciones de proyecto</b>	
<b>Internas</b>	<b>Externas</b>
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>	
<b>C. SENSIBLE(W)</b>	
<b>Cerramientos exteriores</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>
Fachada	NO
<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>
7.9	0.28
<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>
1862	Claro
<b>Ventanas exteriores</b>	
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>
1	NO
<b>Superficie total (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>
3.5	1.54
<b>C. SENSIBLE(W)</b>	
<b>112.59</b>	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Total estructural</b>	<b>158.83</b>
<b>Cargas interiores totales</b>	
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>	5.0 % 7.94
<b>Cargas internas totales</b>	<b>166.77</b>
<b>Ventilación</b>	
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>	
54.0	161.33
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>	<b>161.33</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 4.5 m²</b>	<b>72.8 W/m²</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>	<b>328.1 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>							
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>						
Salón (Salón / Comedor)	vivienda unifamiliar						
<b>Condiciones de proyecto</b>							
<b>Internas</b>	<b>Externas</b>						
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C						
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %						
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>							<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>		
Fachada	NE	28.2	0.28	1851	Claro	164.14	
Fachada	NO	10.5	0.28	1851	Claro	61.07	
Fachada	SE	15.8	0.28	1851	Claro	83.89	
<b>Ventanas exteriores</b>							
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>				
2	NE	7.0	1.54				225.18
<b>Puertas exteriores</b>							
<b>Núm. puertas</b>	<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>			
1	Opaca	NE	4.2	3.00	263.72		
<b>Cerramientos interiores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>				
Forjado	3.7	0.26	435	0.95			
<b>Total estructural</b>							<b>798.95</b>
<b>Cargas interiores totales</b>							
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>							5.0 % 39.95
<b>Cargas internas totales</b>							<b>838.90</b>
<b>Ventilación</b>							

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>	
83.3	497.99
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>	
<b>497.99</b>	
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 30.9 m²</b>	<b>43.3 W/m²</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 1336.9 W</b>	

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Despacho 1 (Oficinas)		vivienda unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>	
Fachada	NO	10.6	0.28	1851	Claro	61.62
Fachada	SO	8.9	0.28	1851	Claro	45.10
<b>Ventanas exteriores</b>						
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>			
1	SO	3.5	1.54			97.90
<b>Total estructural</b>						<b>204.62</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 10.23
<b>Cargas internas totales</b>						<b>214.85</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>						
42.5						254.00
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>254.00</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 8.5 m²</b>	<b>55.1 W/m²</b>					<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 468.9 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Despacho 2 (Oficinas)		vivienda unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	SO	9.6	0.28	1851	Claro	48.48
Fachada	SE	10.6	0.28	1851	Claro	56.13
<b>Ventanas exteriores</b>						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))			
1	SO	3.5	1.54	97.90		
<b>Cerramientos interiores</b>						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )			
Forjado	5.7	0.26	435	1.46		
<b>Total estructural</b>						<b>203.97</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 10.20
<b>Cargas internas totales</b>						<b>214.17</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
44.8						267.46
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>267.46</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 9.0 m<sup>2</sup></b>				<b>53.8 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 481.6 W</b>	

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>					
Zona de estudio (Oficinas)	vivienda unifamiliar					
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>	<b>Externas</b>					
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C					
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %					
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>		<b>C. SENSIBLE(W)</b>				
<b>Cerramientos exteriores</b>						
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color	
Fachada	SE	8.2	0.28	1851	Claro	43.55
<b>Ventanas exteriores</b>						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))			
1	SE	3.5	1.54	102.80		
<b>Total estructural</b>						<b>146.35</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 7.32

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Cargas internas totales</b>	<b>153.67</b>
<b>Ventilación</b>	
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>	
27.9	166.94
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>	<b>166.94</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 5.6 m²</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">57.4 W/m²</span>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">320.6 W</span>

## Bajo Cubierta

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Salón Bajo Cubierta (Salón / Comedor)		vivienda unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>	
Fachada	SO	27.5	0.28	1851	Claro	139.39
Fachada	NO	13.1	0.28	1851	Claro	76.27
<b>Ventanas exteriores</b>						
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>			
2	SO		0.9	1.32		21.74
1	NO		0.5	1.20		11.38
1	SO		2.6	1.59		74.50
<b>Cubiertas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>		
Tejado	39.0	0.31	106	Intermedio		216.75
<b>Cerramientos interiores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>			
Pared interior	11.9	0.50	52			6.02
Hueco interior	1.7	2.03				3.39
<b>Total estructural</b>						<b>549.44</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 27.47
<b>Cargas internas totales</b>						<b>576.91</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>						
83.1						496.30

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Potencia térmica de ventilación total</b>		<b>496.30</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 30.8 m<sup>2</sup></b>	<b>34.9 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 1073.2 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Dormitorio principal (Dormitorio)		vivienda unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>	
Fachada	SE	21.1	0.28	1851	Claro	112.10
Fachada	NE	9.9	0.28	1851	Claro	57.80
<b>Ventanas exteriores</b>						
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>			
1	SE		2.6	1.59		78.23
1	SE		0.5	1.32		11.41
1	NE		0.5	1.32		12.50
<b>Cubiertas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>		
Tejado	23.8	0.31	106	Intermedio		132.56
<b>Cerramientos interiores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>			
Pared interior	8.3	0.50	52			4.16
Hueco interior	1.7	2.03				3.39
<b>Total estructural</b>						<b>412.15</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 20.61
<b>Cargas internas totales</b>						<b>432.76</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
50.7						303.08
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>303.08</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 18.8 m<sup>2</sup></b>	<b>39.2 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>				<b>735.8 W</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>				
Dormitorio secundario (Dormitorio)		vivienda unifamiliar				
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 21.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cerramientos exteriores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>	
Fachada	NO	13.6	0.28	1851	Claro	79.08
<b>Ventanas exteriores</b>						
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>			
1	NO		0.5	1.20		11.38
1	NO		2.6	1.59		85.68
<b>Cubiertas</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>	<b>Color</b>		
Tejado	12.3	0.31	106	Intermedio		68.64
<b>Cerramientos interiores</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m²)</b>	<b>U (W/(m²·K))</b>	<b>Peso (kg/m²)</b>			
Pared interior	4.9	0.50	52		2.47	
Hueco interior	1.7	2.03			3.39	
<b>Total estructural</b>						<b>250.63</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totales</b>						<b>263.17</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m³/h)</b>						
36.0						215.11
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>215.11</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 9.7 m²</b>				<b>49.2 W/m²</b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>	
					<b>478.3 W</b>	

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>	
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>
Baño 4 (Baño / Aseo)	vivienda unifamiliar
<b>Condiciones de proyecto</b>	
<b>Internas</b>	<b>Externas</b>
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>		
<b>Cerramientos exteriores</b>								
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color			
Fachada	NE	8.5	0.28	1862	Claro	49.59		
<b>Ventanas exteriores</b>								
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))					
1	NE		0.5	1.32				12.50
<b>Cubiertas</b>								
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color				
Tejado	6.7	0.21	121	Intermedio			26.36	
<b>Cerramientos interiores</b>								
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )					
Pared interior	4.9	0.50	63				2.47	
Hueco interior	1.6	2.03					3.34	
<b>Total estructural</b>						<b>94.27</b>		
<b>Cargas interiores totales</b>								
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 4.71		
<b>Cargas internas totales</b>						<b>98.98</b>		
<b>Ventilación</b>								
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>								
54.0						161.33		
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>161.33</b>		
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 5.3 m<sup>2</sup></b>						<b>48.7 W/m<sup>2</sup></b>		
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>260.3 W</b>		

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>								
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>							
Baño 3 (Baño / Aseo)	vivienda unifamiliar							
<b>Condiciones de proyecto</b>								
<b>Internas</b>	<b>Externas</b>							
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C							
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %							
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>								
<b>C. SENSIBLE(W)</b>								
<b>Cerramientos exteriores</b>								
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color			
Fachada	NE	8.9	0.28	1862	Claro	51.65		
<b>Ventanas exteriores</b>								
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))					
1	NE		2.6	1.59				85.68

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Cubiertas</b>						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Tejado	7.6	0.21	121	Intermedio		29.63
<b>Total estructural</b>						<b>166.96</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totales</b>						<b>8.35</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						54.0
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>161.33</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 6.0 m<sup>2</sup></b>						<b>56.2 W/m<sup>2</sup></b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>336.6 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
Recinto	Conjunto de recintos					
Escaleras (Pasillo / Distribuidor)	vivienda unifamiliar					
<b>Condiciones de proyecto</b>						
Internas	Externas					
Temperatura interior = 21.0 °C	Temperatura exterior = 2.8 °C					
Humedad relativa interior = 50.0 %	Humedad relativa exterior = 90.0 %					
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>
<b>Cubiertas</b>						
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> ·K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color		
Tejado	18.1	0.31	106	Intermedio		100.86
<b>Total estructural</b>						<b>100.86</b>
<b>Cargas interiores totales</b>						
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 %
<b>Cargas internas totales</b>						<b>5.04</b>
<b>Ventilación</b>						
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>						
						38.6
<b>Potencia térmica de ventilación total</b>						<b>115.35</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 14.3 m<sup>2</sup></b>						<b>15.5 W/m<sup>2</sup></b>
<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>						<b>221.3 W</b>

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>
---------------------------------------

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>						
Vestidor 1 (Zonas comunes)	vivienda unifamiliar						
<b>Condiciones de proyecto</b>							
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C				
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %				
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>	
<b>Cerramientos exteriores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>		
Fachada	SE	11.1	0.28	1851	Claro	55.64	
Fachada	SO	5.3	0.28	1851	Claro	25.37	
<b>Ventanas exteriores</b>							
<b>Núm. ventanas</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie total (m<sup>2</sup>)</b>		<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>			
1	SE	0.5		1.32		10.79	
<b>Cubiertas</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>			
Tejado	10.0	0.31	106	Intermedio		52.42	
<b>Cerramientos interiores</b>							
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/(m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>				
Pared interior	19.8	0.50	52		-9.98		
Forjado	5.7	0.25	435		-1.41		
Hueco interior	3.3	2.03			-6.79		
<b>Total estructural</b>						<b>126.04</b>	
<b>Infiltración</b>							
<b>Caudal de infiltración (m<sup>3</sup>/h)</b>							
2						8.59	
<b>Cargas interiores totales</b>						<b>8.59</b>	
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>						5.0 % 6.73	
<b>Cargas internas totales</b>						<b>141.36</b>	
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 7.9 m<sup>2</sup></b>				<b>18.0 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 141.4 W</b>		

<b>CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)</b>						
<b>Recinto</b>	<b>Conjunto de recintos</b>					
Vestidor 2 (Zonas comunes)	vivienda unifamiliar					
<b>Condiciones de proyecto</b>						
<b>Internas</b>			<b>Externas</b>			
Temperatura interior = 20.0 °C			Temperatura exterior = 2.8 °C			
Humedad relativa interior = 50.0 %			Humedad relativa exterior = 90.0 %			
<b>Cargas térmicas de calefacción</b>						<b>C. SENSIBLE(W)</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Cerramientos exteriores</b>								
Tipo	Orientación	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color			
Fachada	NE	4.3	0.28	1851	Claro		23.71	
Fachada	NO	5.2	0.28	1851	Claro		28.62	
<b>Cubiertas</b>								
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Color				
Tejado	4.7	0.31	106	Intermedio			24.75	
<b>Cerramientos interiores</b>								
Tipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	U (W/(m <sup>2</sup> -K))	Peso (kg/m <sup>2</sup> )					
Pared interior	9.0	0.50	52				-4.56	
Forjado	3.7	0.25	435				-0.92	
Hueco interior	1.7	2.03					-3.39	
Hueco interior	1.6	2.03					-3.34	
<b>Total estructural</b>							<b>64.86</b>	
<b>Cargas interiores totales</b>								
<b>Cargas debidas a la intermitencia de uso</b>								
						5.0 %	3.24	
<b>Cargas internas totales</b>							<b>68.11</b>	
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 3.7 m<sup>2</sup></b>				<b>18.3 W/m<sup>2</sup></b>	<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL :</b>			<b>68.1 W</b>

#### 4.8.4.3. Resumen de los resultados de cálculo de los recintos

#### Calefacción

Conjunto: vivienda unifamiliar							
Recinto	Planta	Carga interna sensible(W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal(m <sup>3</sup> /h)	Carga total(W)	Por superficie(W/m <sup>2</sup> )	Máxima simultánea(W)	Máxima(W)
Baño 1	Planta semisótano	121.91	54.00	161.33	40.85	283.25	283.25
Cocina	Planta semisótano	197.27	107.51	321.21	34.72	518.48	518.48
Salón	Planta semisótano	118.58	64.80	387.20	42.89	505.78	505.78
Comedor	Planta semisótano	219.93	64.80	387.20	35.45	607.13	607.13
Hall entrada	Planta semisótano	246.44	66.69	199.26	18.04	445.70	445.70
Habitación auxiliar	Planta semisótano	141.01	36.00	215.11	36.68	356.13	356.13
Cuarto de colada	Planta semisótano	164.83	21.05	62.90	29.20	227.73	227.73
Distribuidor principal	Planta alta	326.67	105.50	315.20	16.43	641.86	641.86
Baño 2	Planta alta	166.77	54.00	161.33	72.78	328.11	328.11
Salón	Planta alta	838.90	83.34	497.99	43.31	1336.89	1336.89
Despacho 1	Planta alta	214.85	42.51	254.00	55.15	468.85	468.85
Despacho 2	Planta alta	214.17	44.76	267.46	53.80	481.63	481.63
Zona de estudio	Planta alta	153.67	27.94	166.94	57.38	320.60	320.60
Salón Bajo Cubierta	Bajo Cubierta	576.91	83.06	496.30	34.89	1073.21	1073.21
Dormitorio principal	Bajo Cubierta	432.76	50.72	303.08	39.17	735.85	735.85
Dormitorio secundario	Bajo Cubierta	263.17	36.00	215.11	49.21	478.28	478.28
Baño 4	Bajo Cubierta	98.98	54.00	161.33	48.69	260.32	260.32
Baño 3	Bajo Cubierta	175.30	54.00	161.33	56.18	336.64	336.64
Escaleras	Bajo Cubierta	105.90	38.61	115.35	15.47	221.25	221.25
Vestidor 1	Bajo Cubierta	141.36	0.00	0.00	17.98	141.36	141.36
Vestidor 2	Bajo Cubierta	68.11	0.00	0.00	18.35	68.11	68.11

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Total **1089.3** Carga total simultánea **9837.1**

#### 4.8.4.4. Resumen de los resultados para conjuntos de recintos

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie(W/m <sup>2</sup> )	Potencia total(W)
vivienda unifamiliar	33.8	9837.1

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4-9 **INSTALACIÓN DE GAS**

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"

**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra

**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**GAS**

**INDICE**

4.9)

**GAS**

**Pág. 546**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.9. GAS

### RESULTADOS DEL CÁLCULO

#### PARÁMETROS DE CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN RECEPTORA DE GAS

Zona climática	C
Coefficiente corrector en función de la zona climática	1.00
Tipo de gas suministrado	Gas natural
Poder calorífico superior	11000 kcal/m <sup>3</sup>
Poder calorífico inferior	9900 kcal/m <sup>3</sup>
Densidad relativa	0.60
Densidad corregida	0.60
Presión de salida en el conjunto de regulación	20.0 mbar
Presión mínima en llave de aparato	17.0 mbar
Velocidad máxima en un montante individual	20.0 m/s
Velocidad máxima en la instalación interior	20.0 m/s
Coefficiente de mayoración de la longitud en conducciones	1.2
Potencia total en la acometida	30.0 kW

#### ACOMETIDAS INTERIORES

Tramo	L(m)	L <sub>eq.</sub> (m)	h(m)	Qt(m <sup>3</sup> /h)	N	Fs	Qc(m <sup>3</sup> /h)	v(m/s)	P in.(mbar)	P f.(mbar)	P fc.(mbar)	ΔP (mbar)	ΔP acum. (mbar)	DN
Acom 1 - 1	46.38	55.66	0.50	2.35	1	1.00	2.35	0.21	5000.00	4999.91	4999.94	0.06	0.06	PE 32

#### Abreviaturas utilizadas

L	Longitud real	v	Velocidad
L eq.	Longitud equivalente	P in.	Presión de entrada (inicial)
h	Longitud vertical acumulada	P f.	Presión de salida (final)
Qt	Caudal total	P fc.	Presión de salida corregida (final)
N	Número de abonados	ΔP	Pérdida de presión
Fs	Factor de simultaneidad	ΔP acum.	Caída de presión acumulada
Qc	Caudal calculado	DN	Diámetro nominal

#### INSTALACIÓN INTERIOR

Tramo	L(m)	L <sub>eq.</sub> (m)	h(m)	Q(m <sup>3</sup> /h)	v(m/s)	P in.(mbar)	P f.(mbar)	P fc.(mbar)	ΔP (mbar)	ΔP acum. (mbar)	DN
Montante	0.76	0.91	-0.50	2.35	2.12	20.00	19.97	19.94	0.06	0.06	Cu 20/22
Caldera a gas para calefacción y ACS	1.97	2.36	1.85	2.03	1.84	19.94	19.88	19.97	-0.03	0.03	Cu 20/22

#### Abreviaturas utilizadas

L	Longitud real	P f.	Presión de salida (final)
L eq.	Longitud equivalente	P fc.	Presión de salida corregida (final)
h	Longitud vertical acumulada	ΔP	Pérdida de presión
Q	Caudal	ΔP acum.	Caída de presión acumulada
v	Velocidad	DN	Diámetro nominal
P in.	Presión de entrada (inicial)		

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4-10 REGLAMENTO ELECROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN**

## REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN

### INDICE

4.10)	<b><u>REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN</u></b>	<b>Pág. 549</b>
4.10.1)	<b><u>Memoria descriptiva</u></b>	<b>Pág. 549</b>
4.10.1.1)	Objetivos del proyecto	Pág. 549
4.10.1.2)	Emplazamiento de la instalación	Pág. 549
4.10.1.3)	Descripción de la instalación	Pág. 549
4.10.1.4)	Legislación aplicable	Pág. 549
4.10.1.5)	Potencia prevista para la instalación	Pág. 550
4.10.1.6)	Descripción de la instalación	Pág. 551
4.10.1.6.1)	Caja general de protección	Pág. 551
4.10.1.6.2)	Derivaciones individuales	Pág. 551
4.10.1.6.3)	Instalaciones interiores o receptoras	Pág. 551
4.10.1.6.4)	Agua caliente sanitaria y climatización	Pág. 553
4.10.2)	<b><u>Memoria justificativa</u></b>	<b>Pág. 553</b>
4.10.2.1)	Bases de cálculo	Pág. 553
4.10.2.1.1)	Sección de las líneas	Pág. 553
4.10.2.1.1.1)	Sección por intensidad máxima admisible o calentamiento	Pág. 553
4.10.2.1.1.2)	Sección por caída de tensión	Pág. 554
4.10.2.1.1.3)	Sección por intensidad de cortocircuito	Pág. 556
4.10.2.1.2)	Cálculo de las protecciones	Pág. 557
4.10.2.1.2.1)	Fusibles	Pág. 557
4.10.2.1.2.2)	Interruptores automáticos	Pág. 559
4.10.2.1.2.3)	Limitadores de sobretensión	Pág. 560
4.10.2.1.2.4)	Protección contra sobretensiones permanentes	Pág. 560
4.10.2.1.3)	Cálculo de la puesta a tierra	Pág. 560
4.10.2.1.3.1)	Diseño del sistema de puesta a tierra	Pág. 560
4.10.2.1.3.2)	Interruptores diferenciales	Pág. 560
4.10.2.2)	Resultados de cálculo	Pág. 561
4.10.2.2.1)	Distribución de fases	Pág. 561
4.10.2.2.2)	Cálculos	Pág. 562
4.10.2.2.3)	Símbolos utilizados	Pág. 565

#### **4.10. REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN**

##### **4.10.1. Memoria descriptiva**

###### **4.10.1.1. Objetivos del proyecto**

El objeto de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación eléctrica, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51.

###### **4.10.1.2. Emplazamiento de la instalación**

El edificio 'Vivienda unifamiliar' se encuentra situado en Vilagarcía de Arousa.

###### **4.10.1.3. Descripción de la instalación**

El edificio 'Vivienda unifamiliar' se compone de:

⇒ Viviendas

La obra cuenta con una vivienda situada en la planta 'Planta semisótano'.

⇒ Servicios generales

⇒ Garajes

⇒ Zonas exteriores

###### **4.10.1.4. Legislación aplicable**

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20460-5-523 2004: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30 kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobretensiones.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- EN-IEC 60 947-2:1996: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- EN-IEC 60 947-2:1996 Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- EN-IEC 60 947-3:1999: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- EN-IEC 60 269-1: Fusibles de baja tensión.
- EN 60 898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes.

#### 4.10.1.5. Potencia total prevista para la instalación

La potencia total prevista a considerar en el cálculo de los conductores de las instalaciones de enlace será:

Para viviendas:

La potencia total prevista en las viviendas se obtiene, de acuerdo a la ITC-BT-10, como producto de la potencia media aritmética por el coeficiente de simultaneidad obtenido de la tabla 1 de la citada ITC. La potencia media aritmética de las viviendas se obtiene como sigue:

$$P_m = \frac{\sum n_i \cdot P_{uni_i}}{N}$$

Dadas las características de la obra y los niveles de electrificación elegidos por el Promotor, puede establecerse la potencia total instalada y demandada por la instalación:

#### Potencia total prevista por instalación: CPM-1

Concepto	P Unitaria(kW)	Número
Viviendas de electrificación elevada	9.200	1

Para el cálculo de la potencia de los cuadros y subcuadros de distribución se tiene en cuenta la acumulación de potencia de los diferentes circuitos alimentados aguas abajo, aplicando una simultaneidad a cada circuito en función de la naturaleza de las cargas y multiplicando finalmente por un factor de acumulación que varía en función del número de circuitos.

Para los circuitos que alimentan varias tomas de uso general, dado que en condiciones normales no se utilizan todas las tomas del circuito, la simultaneidad aplicada para el cálculo de la potencia acumulada aguas arriba se realiza aplicando la fórmula:

$$P_{acum} = \left( 0.1 + \frac{0.9}{N} \right) \cdot N \cdot P_{toma}$$

Finalmente, y teniendo en consideración que los circuitos de alumbrado y motores se acumulan directamente (coeficiente de simultaneidad 1), el factor de acumulación para el resto de circuitos varía en función de su número, aplicando la tabla:

Número de circuitos	Factor de simultaneidad
2 - 3	0.9
4 - 5	0.8
6 - 9	0.7
≥ 10	0.6

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.10.1.6. Descripción de la instalación

##### 4.10.1.6.1. Caja general de protección

Las cajas generales de protección (CGP) alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación y marcan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

Se instalará una caja general de protección para cada esquema, con su correspondiente línea general de alimentación.

La caja general de protección se situará en zonas de acceso público.

Cuando las puertas de las CGP sean metálicas, deberán ponerse a tierra mediante un conductor de cobre.

Cuando el suministro sea para un único usuario o para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar, conforme a la instrucción ITC-BT-12, al no existir línea general de alimentación, se simplifica la instalación colocando una caja de protección y medida (CPM).

##### 4.10.1.6.2. Derivaciones individuales

Las derivaciones individuales enlazan cada contador con su correspondiente cuadro general de mando y protección.

Para suministros monofásicos estarán formadas por un conductor de fase, un conductor de neutro y uno de protección, y para suministros trifásicos por tres conductores de fase, uno de neutro y uno de protección.

Los conductores de protección estarán integrados en sus derivaciones individuales y conectados a los embarrados de los módulos de protección de cada una de las centralizaciones de contadores de los edificios. Desde éstos, a través de los puntos de puesta a tierra, quedarán conectados a la red registrable de tierra del edificio.

A continuación se detallan los resultados obtenidos para cada derivación:

Derivaciones individuales				
Planta	Referencia	Longitud(m)	Línea	Tipo de instalación
0	(Cuadro de vivienda)	16.74	RZ1-K (AS) Multi 3G10	Tubo superficial D=50 mm

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se hará de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Los tubos y canales protectoras que se destinen a contener las derivaciones individuales deberán ser de una sección nominal tal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%, siendo el diámetro exterior mínimo de 32 mm.

Se ha previsto la colocación de tubos de reserva desde la concentración de contadores hasta las viviendas o locales, para las posibles ampliaciones.

##### 4.10.1.6.3. Instalaciones interiores o receptoras

Viviendas

En la entrada de cada vivienda se instalará el cuadro general de mando y protección, que contará con los siguientes dispositivos de protección:

Interruptor general automático de corte omipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

Interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, o varios interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos de cada uno de los circuitos o grupos de circuitos en función del tipo o carácter de la instalación.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Interruptor automático de corte omnipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

Circuitos interiores de la instalación			
Referencia	Longitud(m)	Línea	Tipo de instalación
(Cuadro de vivienda)	-		
Sub-grupo 1	-		
C1 (iluminación)	731.42	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C2 (tomas)	82.65	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C3 (cocina/horno)	4.19	H07V-K 3G6	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=25 mm
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	29.64	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C5 (baño y auxiliar de cocina)	29.29	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 2	-		
C6 (iluminación)	58.87	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C7 (tomas)	73.49	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C12 (baño y auxiliar de cocina)	84.26	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C10 (secadora)	12.00	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C7(2) (tomas)	71.96	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 3	-		
C7(3) (tomas)	137.22	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C7(4) (tomas)	150.98	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C7(5) (tomas)	39.79	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 4	-		
C14 (Arqueta de bombeo)	3.07	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 5	-		
C13 (alumbrado exterior)	115.27	H07V-K 3G1.5	Tubo superficial D=32 mm

#### 4.10.1.6.4. Agua caliente sanitaria y climatización

La instalación incluye equipos para producción de A.C.S. y climatización, siendo su descripción, ubicación y potencia eléctrica la descrita en la siguiente tabla:

Equipos para producción de A.C.S. y climatización		
Descripción	Planta	P <sub>calc</sub> [W]
<b>(Cuadro de vivienda)</b>		
Caldera a gas para calefacción y ACS	0	150.0(monof.)

#### 4.10.2. Memoria justificativa

##### 4.10.2.1. Bases de cálculo

###### 4.10.2.1.1. Sección de las líneas

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

a) Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no debe superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

b) Criterio de la caída de tensión.

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

c) Criterio para la intensidad de cortocircuito.

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

###### 4.10.2.1.1.1. Sección por intensidad máxima admisible o calentamiento

En el cálculo de las instalaciones se ha comprobado que las intensidades de cálculo de las líneas son inferiores a las intensidades máximas admisibles de los conductores según la norma UNE 20460-5-523, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

$$I_c < I_z$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Intensidad de cálculo en servicio monofásico:

$$I_c = \frac{P_c}{U_f \cdot \cos \theta}$$

Intensidad de cálculo en servicio trifásico:

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \theta}$$

siendo:

$I_c$ : Intensidad de cálculo del circuito, en A

$I_z$ : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

$P_c$ : Potencia de cálculo, en W

$U_f$ : Tensión simple, en V

$U_l$ : Tensión compuesta, en V

$\cos \theta$ : Factor de potencia

#### **4.10.2.1.1.2. Sección por caída de tensión**

De acuerdo a las instrucciones ITC-BT-14, ITC-BT-15 y ITC-BT-19 del REBT se verifican las siguientes condiciones:

En las instalaciones de enlace, la caída de tensión no debe superar los siguientes valores:

a) En el caso de contadores concentrados en un único lugar:

- Línea general de alimentación: 0,5%

- Derivaciones individuales: 1,0%

b) En el caso de contadores concentrados en más de un lugar:

- Línea general de alimentación: 1,0%

- Derivaciones individuales: 0,5%

Para cualquier circuito interior de viviendas, la caída de tensión no debe superar el 3% de la tensión nominal.

Para el resto de circuitos interiores, la caída de tensión límite es de:

- Circuitos de alumbrado: 3,0%

- Resto de circuitos: 5,0%

Para receptores monofásicos la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Para receptores trifásicos la caída de tensión viene dada por:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

siendo:

L: Longitud del cable, en m

X: Reactancia del cable, en  $\Omega/\text{km}$ . Se considera despreciable hasta un valor de sección del cable de 120 mm<sup>2</sup>. A partir de esta sección se considera un valor para la reactancia de 0,08  $\Omega/\text{km}$ .

R: Resistencia del cable, en  $\Omega/\text{m}$ . Viene dada por:

$$R = \rho \cdot \frac{1}{S}$$

siendo:

$\rho$ : Resistividad del material en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S: Sección en mm<sup>2</sup>

Se comprueba la caída de tensión a la temperatura prevista de servicio del conductor, siendo ésta de:

$$T = T_0 + (T_{\max} - T_0) \cdot \left( \frac{I_c}{I_z} \right)^2$$

siendo:

T: Temperatura real estimada en el conductor, en °C

T<sub>0</sub>: Temperatura ambiente para el conductor (40°C para cables al aire y 25°C para cables enterrados)

T<sub>max</sub>: Temperatura máxima admisible del conductor según su tipo de aislamiento (90°C para conductores con aislamientos termoestables y 70°C para conductores con aislamientos termoplásticos, según la tabla 2 de la instrucción ITC-BT-07).

Con ello la resistividad a la temperatura prevista de servicio del conductor es de:

$$\rho_T = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

para el cobre

$$\alpha = 0.00393^\circ\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{56} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

para el aluminio

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$\alpha = 0.00403^{\circ}\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{35} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

#### 4.10.2.1.1.3. Sección por intensidad de cortocircuito

Se calculan las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas, tanto en cabecera 'I<sub>cc</sub>' como en pie 'I<sub>ccp</sub>', de cada una de las líneas que componen la instalación eléctrica, teniendo en cuenta que la máxima intensidad de cortocircuito se establece para un cortocircuito entre fases, y la mínima intensidad de cortocircuito para un cortocircuito fase-neutro.

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

siendo:

U<sub>l</sub>: Tensión compuesta, en V

U<sub>f</sub>: Tensión simple, en V

Z<sub>t</sub>: Impedancia total en el punto de cortocircuito, en mΩ

I<sub>cc</sub>: Intensidad de cortocircuito, en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtiene a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red aguas arriba del punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

siendo:

R<sub>t</sub>: Resistencia total en el punto de cortocircuito.

X<sub>t</sub>: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

La impedancia total en cabecera se ha calculado teniendo en cuenta la ubicación del transformador y de la acometida.

En el caso de partir de un transformador se calcula la resistencia y reactancia del transformador aplicando la formulación siguiente:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$R_{cc,T} = \frac{\varepsilon_{R_{cc,T}} \cdot U_l^2}{S_n}$$

$$X_{cc,T} = \frac{\varepsilon_{X_{cc,T}} \cdot U_l^2}{S_n}$$

siendo:

$R_{cc,T}$ : Resistencia de cortocircuito del transformador, en  $m\Omega$

$X_{cc,T}$ : Reactancia de cortocircuito del transformador, en  $m\Omega$

$\varepsilon_{R_{cc,T}}$ : Tensión resistiva de cortocircuito del transformador

$\varepsilon_{X_{cc,T}}$ : Tensión reactiva de cortocircuito del transformador

$S_n$ : Potencia aparente del transformador, en kVA

En el caso de introducir la intensidad de cortocircuito en cabecera, se estima la resistencia y reactancia de la acometida aguas arriba que genere la intensidad de cortocircuito indicada.

#### 4.10.2.1.2. Cálculo de las protecciones

##### 4.10.2.1.2.1. Fusibles

Los fusibles protegen a los conductores frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

siendo:

$I_c$ : Intensidad que circula por el circuito, en A

$I_n$ : Intensidad nominal del dispositivo de protección, en A

$I_z$ : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

$I_2$ : Intensidad de funcionamiento de la protección, en A. En el caso de los fusibles de tipo gG se toma igual a 1,6 veces la intensidad nominal del fusible.

Frente a cortocircuito se verifica que los fusibles cumplen que:

a) El poder de corte del fusible " $I_{cu}$ " es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse.

Cualquier intensidad de cortocircuito que puede presentarse se debe interrumpir en un tiempo inferior al que provocaría que el conductor alcanzase su temperatura límite (160°C para cables con aislamientos termoplásticos y 250°C para cables con aislamientos termoestables), comprobándose que:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$I_{cc,5s} > I_f$$

$$I_{cc} > I_f$$

siendo:

$I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito en la línea que protege el fusible, en A

$I_f$ : Intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, en A

$I_{cc,5s}$ : Intensidad de cortocircuito en el cable durante el tiempo máximo de 5 segundos, en A. Se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}}$$

siendo:

S: Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>

t: tiempo de duración del cortocircuito, en s

k: constante que depende del material y aislamiento del conductor

	PVC XLPE	
Cu	115	143
Al	76	94

La longitud máxima de cable protegida por un fusible frente a cortocircuito se calcula como sigue:

$$L_{\max} = \frac{U_f}{I_f \cdot \sqrt{(R_f + R_n)^2 + (X_f + X_n)^2}}$$

siendo:

$R_f$ : Resistencia del conductor de fase, en  $\Omega/\text{km}$

$R_n$ : Resistencia del conductor de neutro, en  $\Omega/\text{km}$

$X_f$ : Reactancia del conductor de fase, en  $\Omega/\text{km}$

$X_n$ : Reactancia del conductor de neutro, en  $\Omega/\text{km}$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.10.2.1.2.2. Interruptores automáticos

Al igual que los fusibles, los interruptores automáticos protegen frente a sobrecargas y cortocircuito.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

siendo:

$I_c$ : Intensidad que circula por el circuito, en A

$I_2$ : Intensidad de funcionamiento de la protección. En este caso, se toma igual a 1,45 veces la intensidad nominal del interruptor automático.

Frente a cortocircuito se verifica que los interruptores automáticos cumplen que:

- El poder de corte del interruptor automático ' $I_{cu}$ ' es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse en cabecera del circuito.

La intensidad de cortocircuito mínima en pie del circuito es superior a la intensidad de regulación del disparo electromagnético ' $I_{mag}$ ' del interruptor automático según su tipo de curva.

	$I_{mag}$
Curva B	5 x $I_n$
Curva C	10 x $I_n$
Curva D	20 x $I_n$

El tiempo de actuación del interruptor automático es inferior al que provocaría daños en el conductor por alcanzarse en el mismo la temperatura máxima admisible según su tipo de aislamiento. Para ello, se comparan los valores de energía específica pasante ( $I^2 \cdot t$ ) durante la duración del cortocircuito, expresados en  $A^2 \cdot s$ , que permite pasar el interruptor, y la que admite el conductor.

Para esta última comprobación se calcula el tiempo máximo en el que debería actuar la protección en caso de producirse el cortocircuito, tanto para la intensidad de cortocircuito máxima en cabecera de línea como para la intensidad de cortocircuito mínima en pie de línea, según la expresión ya reflejada anteriormente:

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2}$$

Los interruptores automáticos cortan en un tiempo inferior a 0,1 s, según la norma UNE 60898, por lo que si el tiempo anteriormente calculado estuviera por encima de dicho valor, el disparo del interruptor automático quedaría garantizado para cualquier intensidad de cortocircuito que se produjese a lo largo del cable. En caso contrario, se comprueba la curva  $I^2t$  del interruptor, de manera que el valor de la energía específica pasante del interruptor sea inferior a la energía específica pasante admisible por el cable.

$$I^2 \cdot t_{interruptor} \leq I^2 \cdot t_{cable}$$

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

$$I^2 \cdot t_{\text{cable}} = k^2 \cdot S^2$$

#### 4.10.2.1.2.3. Limitadores de sobretensión

Según ITC-BT-23, las instalaciones interiores se deben proteger contra sobretensiones transitorias siempre que la instalación no esté alimentada por una red de distribución subterránea en su totalidad, es decir, toda instalación que sea alimentada por algún tramo de línea de distribución aérea sin pantalla metálica unida a tierra en sus extremos deberá protegerse contra sobretensiones.

Los limitadores de sobretensión serán de clase C (tipo II) en los cuadros y, en el caso de que el edificio disponga de pararrayos, se añadirán limitadores de sobretensión de clase B (tipo I) en la centralización de contadores.

#### 4.10.2.1.2.4. Protección contra sobretensiones permanentes

La protección contra sobretensiones permanentes requiere un sistema de protección distinto del empleado en las sobretensiones transitorias. En vez de derivar a tierra para evitar el exceso de tensión, se necesita desconectar la instalación de la red eléctrica para evitar que la sobretensión llegue a los equipos.

El uso de la protección contra este tipo de sobretensiones es indispensable en áreas donde se puedan producir cortes continuos en el suministro de electricidad o donde existan fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía eléctrica.

En áreas donde se puedan producir cortes continuos en el suministro de electricidad o donde existan fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía eléctrica la instalación se protegerá contra sobretensiones permanentes, según se indica en el artículo 16.3 del REBT.

La protección consiste en una bobina asociada al interruptor automático que controla la tensión de la instalación y que, en caso de sobretensión permanente, provoca el disparo del interruptor asociado.

#### 4.10.2.1.3. Cálculo de la puesta a tierra

##### 4.10.2.1.3.1. Diseño del sistema de puesta a tierra

Red de toma de tierra para estructura de hormigón compuesta por 52 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm<sup>2</sup> de sección para la línea principal de toma de tierra del edificio, enterrado a una profundidad mínima de 80 cm y 8 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm<sup>2</sup> de sección para la línea de enlace de toma de tierra de los pilares a conectar.

##### 4.10.2.1.3.2. Interruptores diferenciales

Los interruptores diferenciales protegen frente a contactos directos e indirectos y deben cumplir los dos requisitos siguientes:

Debe actuar correctamente para el valor de la intensidad de defecto calculada, de manera que la sensibilidad 'S' asignada al diferencial cumpla:

$$S \leq \frac{U_{\text{seg}}}{R_T}$$

siendo:

$U_{\text{seg}}$ : Tensión de seguridad, en V. De acuerdo a la instrucción ITC-BT-18 del reglamento REBT la tensión de seguridad es de 24 V para los locales húmedos y viviendas y 50 V para el resto.

$R_T$ : Resistencia de puesta a tierra, en ohm. Este valor debe ser inferior a 15 ohm para edificios con pararrayos y a 37 ohm en edificios sin pararrayos, de acuerdo con GUIA-BT-26.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

b) Debe desconectar en un tiempo compatible con el exigido por las curvas de seguridad.

Por otro lado, la sensibilidad del interruptor diferencial debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

#### 4.10.2.2. Resultados de cálculo

##### 4.10.2.2.1. Distribución de fases

La distribución de las fases se ha realizado de forma que la carga está lo más equilibrada posible.

CPM-1					
Planta	Esquema	P <sub>calc</sub> [W]	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
0	<b>CPM-1</b>	-	9200.0	-	-
0	(Cuadro de vivienda)	9200.0	9200.0	-	-

(Cuadro de vivienda)						
Nº de circuito	Tipo de circuito	Recinto	Potencia Eléctrica [W]			
			R	S	T	
C13 (alumbrado exterior)	C13 (alumbrado exterior)	-	972.0	-	-	
C1 (iluminación)	C1 (iluminación)	-	3572.8	-	-	
C6 (iluminación)	C6 (iluminación)	-	367.2	-	-	
C3 (cocina/horno)	C3 (cocina/horno)	-	5400.0	-	-	
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	-	3450.0	-	-	
C10 (secadora)	C10 (secadora)	-	3450.0	-	-	
C5 (baño y auxiliar de cocina)	C5 (baño y auxiliar de cocina)	-	1500.0	-	-	
C2 (tomas)	C2 (tomas)	-	2900.0	-	-	
C7 (tomas)	C7 (tomas)	-	2800.0	-	-	
C14 (Arqueta de bombeo)	C14 (Arqueta de bombeo)	-	687.5	-	-	
C12 (baño y auxiliar de cocina)	C12 (baño y auxiliar de cocina)	-	1500.0	-	-	
C7(2) (tomas)	C7(2) (tomas)	-	2900.0	-	-	
C7(3) (tomas)	C7(3) (tomas)	-	2900.0	-	-	
C7(4) (tomas)	C7(4) (tomas)	-	2900.0	-	-	
C7(5) (tomas)	C7(5) (tomas)	-	1400.0	-	-	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.10.2.2.2. Cálculos

Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes tablas:

##### Derivaciones individuales

Datos de cálculo								
Planta	Esquema	P <sub>calc</sub> (kW)	Longitud(m)	Línea	I <sub>c</sub> (A)	I' <sub>z</sub> (A)	c.d.t.(%)	c.d.t <sub>ac</sub> (%)
0	(Cuadro de vivienda)	9.20	16.74	RZ1-K (AS) Multi 3G10	40.00	54.00	1.23	1.23

Descripción de las instalaciones							
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I <sub>z</sub> (A)	F <sub>Cagrup</sub>	R <sub>inc</sub> (%)	I' <sub>z</sub> (A)	
(Cuadro de vivienda)	RZ1-K (AS) Multi 3G10	Tubo superficial D=50 mm	54.00	1.00	-	54.00	

Sobrecarga y cortocircuito												
Esquema	Línea	I <sub>c</sub> (A)	ProteccionesFu sible(A)	I <sub>2</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>ccc</sub> (kA)	I <sub>ccp</sub> (kA)	t <sub>iccp</sub> (s)	t <sub>fiiccp</sub> (s)	L <sub>max</sub> (m)	
(Cuadro de vivienda)	RZ1-K (AS) Multi 3G10	40.00	40	64.00	54.00	100	12.000	2.005	0.51	0.06	229.57	

##### Instalación interior

##### Viviendas

En la entrada de cada vivienda se instalará el cuadro general de mando y protección, que contará con los siguientes dispositivos de protección:

Interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

Interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, o varios interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos de cada uno de los circuitos o grupos de circuitos en función del tipo o carácter de la instalación.

Interruptor automático de corte omnipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

Datos de cálculo de (Cuadro de vivienda)							
Esquema	P <sub>calc</sub> (kW)	Longitud(m)	Línea	I <sub>c</sub> (A)	I' <sub>z</sub> (A)	c.d.t.(%)	c.d.t <sub>ac</sub> (%)
<b>(Cuadro de vivienda)</b>							
<b>Sub-grupo 1</b>							
C1 (iluminación)	3.57	731.42	H07V-K 3G2.5	15.53	21.00	2.90	4.13
C2 (tomas)	3.45	82.65	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.19	2.43
C3 (cocina/horno)	5.40	4.19	H07V-K 3G6	24.71	36.00	0.18	1.41
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	3.45	29.64	H07V-K 3G4	15.79	27.00	0.84	2.08
C5 (baño y auxiliar de cocina)	3.45	29.29	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	0.98	2.22

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

<b>Sub-grupo 2</b>							
C6 (iluminación)	0.37	58.87	H07V-K 3G1.5	1.60	15.00	0.40	1.63
C7 (tomas)	3.45	73.49	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.12	2.35
C12 (baño y auxiliar de cocina)	3.45	84.26	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.75	2.99
C10 (secadora)	3.45	12.00	H07V-K 3G2.5	15.79	21.00	1.28	2.51
C7(2) (tomas)	3.45	71.96	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.08	2.32
<b>Sub-grupo 3</b>							
C7(3) (tomas)	3.45	137.22	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.90	3.13
C7(4) (tomas)	3.45	150.98	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.94	3.18
C7(5) (tomas)	3.45	39.79	H07V-K 3G2.5	15.00	21.00	1.65	2.89
<b>Sub-grupo 4</b>							
C14 (Arqueta de bombeo)	0.69	3.07	H07V-K 3G2.5	3.52	21.00	0.06	1.30
<b>Sub-grupo 5</b>							
C13 (alumbrado exterior)	0.97	115.27	H07V-K 3G1.5	4.23	15.00	2.51	3.74

<b>Descripción de las instalaciones</b>							
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I <sub>z</sub> (A)	F <sub>C</sub> <sub>agru</sub> P	R <sub>inc</sub> (%)	I' <sub>z</sub> (A)	
C1 (iluminación)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C3 (cocina/horno)	H07V-K 3G6	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=25 mm	36.00	1.00	-	36.00	
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	27.00	1.00	-	27.00	
C5 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C6 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	15.00	1.00	-	15.00	
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C12 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C10 (secadora)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C7(2) (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C7(3) (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C7(4) (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C7(5) (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C14 (Arqueta de bombeo)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	21.00	1.00	-	21.00	
C13 (alumbrado exterior)	H07V-K 3G1.5	Tubo superficial D=32 mm	15.00	1.00	-	15.00	

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

Sobrecarga y cortocircuito ' (cuadro de vivienda)'											
Esquema	Línea	I <sub>c</sub> (A)	Protecciones ICP:		I <sub>2</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>ccc</sub> (kA)	I <sub>ccp</sub> (kA)	t <sub>iccc</sub> (s)	t <sub>iccp</sub> (s)
			InGuard: In, curva	InAut: In, polos							
<b>(Cuadro de vivienda)</b>			ICP:	40IGA:	40						
<b>Sub-grupo 1</b>			Dif:		40,	30,	2				
C1 (iluminación)	H07V-K 3G2.5	15.53	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.408	0.13 0.50
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.749	0.13 0.15
C3 (cocina/horno)	H07V-K 3G6	24.71	Aut:		25 {C',B',D'}	36.25	36.00	6	4.026	1.724	0.13 0.16
C4 (lavadora, lavavajillas y termo)	H07V-K 3G4	15.79	Aut:		20 {C',B',D'}	29.00	27.00	6	4.026	0.909	0.13 0.26
C5 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.841	0.13 0.12
<b>Sub-grupo 2</b>			Dif:		40,	30,	2				
C6 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	1.60	Aut:		10 {C',B',D'}	14.50	15.00	6	4.026	0.308	0.13 0.31
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.779	0.13 0.14
C12 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.579	0.13 0.25
C10 (secadora)	H07V-K 3G2.5	15.79	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.719	0.13 0.16
C7(2) (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.795	0.13 0.13
<b>Sub-grupo 3</b>			Dif:		40,	30,	2				
C7(3) (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.546	0.13 0.28
C7(4) (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.538	0.13 0.29
C7(5) (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut:		16 {C',B',D'}	23.20	21.00	6	4.026	0.603	0.13 0.23
<b>Sub-grupo 4</b>			Dif:		40,	30,	2				
C14 (Arqueta de bombeo)	H07V-K 3G2.5	3.52	Aut:		10 {C',B',D'}	14.50	21.00	6	4.026	1.375	0.13 0.04
<b>Sub-grupo 5</b>			Dif:		40,	30,	2				
C13 (alumbrado exterior)	H07V-K 3G1.5	4.23	Aut:		10 {B'}	14.50	15.00	6	4.026	0.083	0.13 4.31

### Leyenda

c.d.t	caída de tensión (%)
c.d.t <sub>ac</sub>	caída de tensión acumulada (%)
I <sub>c</sub>	intensidad de cálculo del circuito (A)
I <sub>z</sub>	intensidad máxima admisible del conductor en las condiciones de instalación (A)
F <sub>Cagrup</sub>	factor de corrección por agrupamiento
R <sub>inc</sub>	porcentaje de reducción de la intensidad admisible por conductor en zona de riesgo de incendio o explosión (%)
I' <sub>z</sub>	intensidad máxima admisible corregida del conductor en las condiciones de instalación (A)
I <sub>2</sub>	intensidad de funcionamiento de la protección (A)
I <sub>cu</sub>	poder de corte de la protección (kA)
I <sub>ccc</sub>	intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (kA)
I <sub>ccp</sub>	intensidad de cortocircuito al final de la línea (kA)
L <sub>max</sub>	longitud máxima de la línea protegida por el fusible a cortocircuito (A)
P <sub>calc</sub>	potencia de cálculo (kW)
t <sub>iccc</sub>	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (s)
t <sub>iccp</sub>	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al final de la línea (s)
t <sub>ficcp</sub>	tiempo de fusión del fusible para la intensidad de cortocircuito (s)

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4.10.2.2.3. Símbolos utilizados

A continuación se muestran los símbolos utilizados en los planos del proyecto:

	Servicio monofásico		Salida para lámpara incandescente, vapor de mercurio o similar, empotrada en pared
	Conmutador		Interruptor
	Interruptor doble		Cruzamiento
	Toma de cocina		Toma de lavavajillas
	Toma de lavadora		Toma de secadora
	Toma de baño / auxiliar de cocina		Toma de uso general doble
	Caja de protección y medida (CPM)		Cuadro individual
	Toma de uso general		Lámpara fluorescente
	Toma de extractor		Ducha
	Lavadora doméstica		Lavavajillas doméstico
	Toma de termo eléctrico		Arqueta de bombeo
	Bomba de circulación		Conmutador doble
	Luminaria exterior		Bañera de 1,40 m o más

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### 4-11 GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

## **4.11) GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

### **ÍNDICE**

<b>1.- CONTENIDO DEL DOCUMENTO</b>	<b>568</b>
<b>2.- AGENTES INTERVINIENTES</b>	<b>568</b>
<b>2.1.- Identificación</b>	<b>568</b>
2.1.1.- Productor de residuos (Promotor)	568
2.1.2.- Poseedor de residuos (Constructor)	568
2.1.3.- Gestor de residuos	569
<b>2.2.- Obligaciones</b>	<b>569</b>
2.2.1.- Productor de residuos (Promotor)	569
2.2.2.- Poseedor de residuos (Constructor)	570
2.2.3.- Gestor de residuos	571
<b>3.- NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE</b>	<b>571</b>
<b>4.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN GENERADOS EN LA OBRA, CODIFICADOS SEGÚN LA ORDEN MAM/304/2002.</b>	<b>573</b>
<b>5.- ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA</b>	<b>574</b>
<b>6.- MEDIDAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RESULTANTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO</b>	<b>577</b>
<b>7.- OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENEREN EN LA OBRA</b>	<b>578</b>
<b>8.- MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN OBRA</b>	<b>580</b>
<b>9.- PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN</b>	<b>580</b>
<b>10.- VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.</b>	<b>581</b>
<b>11.- DETERMINACIÓN DEL IMPORTE DE LA FIANZA</b>	<b>581</b>
<b>12.- PLANOS DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN</b>	<b>582</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 1.- CONTENIDO DEL DOCUMENTO

En cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD), conforme a lo dispuesto en el Artículo 4 "Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición", el presente estudio desarrolla los puntos siguientes:

- Agentes intervinientes en la Gestión de RCD.
- Normativa y legislación aplicable.
- Identificación de los residuos de construcción y demolición generados en la obra, codificados según la Orden MAM/304/2002.
- Estimación de la cantidad generada en volumen y peso.
- Medidas para la prevención de los residuos en la obra.
- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos.
- Medidas para la separación de los residuos en obra.
- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos.
- Valoración del coste previsto de la gestión de RCD.

## 2.- AGENTES INTERVINIENTES

### 2.1.- Identificación

El presente estudio corresponde al proyecto Vivienda unifamiliar con semisótano, planta alta y bajo cubierta en Vilagarcía de Arousa, situado en la Avenida Rosalía de Castro.

Los agentes principales que intervienen en la ejecución de la obra son:

Promotor	-
Proyectista	Silvia Sartal García
Director de Obra	-
Director de Ejecución	Silvia Sartal García

Se ha estimado en el presupuesto del proyecto, un coste de ejecución material (Presupuesto de ejecución material) de 387.738,11€

#### 2.1.1.- Productor de residuos (Promotor)

Se identifica con el titular del bien inmueble en quien reside la decisión última de construir o demoler. Según el artículo 2 "Definiciones" del Real Decreto 105/2008, se pueden presentar tres casos:

1. La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.
2. La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.
3. El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

En el presente estudio, se identifica como el productor de los residuos:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **2.1.2.- Poseedor de residuos (Constructor)**

En la presente fase del proyecto no se ha determinado el agente que actuará como Poseedor de los Residuos, siendo responsabilidad del Productor de los residuos (Promotor) su designación antes del comienzo de las obras.

### **2.1.3.- Gestor de residuos**

Es la persona física o jurídica, o entidad pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones y la de los vertederos, así como su restauración o gestión ambiental de los residuos, con independencia de ostentar la condición de productor de los mismos. Éste será designado por el Productor de los residuos (Promotor) con anterioridad al comienzo de las obras.

## **2.2.- Obligaciones**

### **2.2.1.- Productor de residuos (Promotor)**

Debe incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo:

1. Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
2. Las medidas para la planificación y optimización de la gestión de los residuos generados en la obra objeto del proyecto.
3. Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
4. Las medidas para la separación de los residuos en obra, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación establecida en el apartado 5 del artículo 5.
5. Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.
6. Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
7. Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición, que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

Está obligado a disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en el Real Decreto 105/2008 y, en particular, en el presente estudio o en sus modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, deberá preparar un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, que deberá incluirse en el estudio de gestión de RCD, así como prever su retirada selectiva, con el fin de evitar la mezcla entre ellos o con otros residuos no peligrosos, y asegurar su envío a gestores autorizados de residuos peligrosos.

En los casos de obras sometidas a licencia urbanística, el poseedor de residuos, queda obligado a constituir una fianza o garantía financiera equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, en los términos previstos en la legislación de las comunidades autónomas correspondientes.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **2.2.2.- Poseedor de residuos (Constructor)**

La persona física o jurídica que ejecute la obra - el constructor -, además de las prescripciones previstas en la normativa aplicable, está obligado a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación a los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra, en particular las recogidas en los artículos 4.1 y 5 del Real Decreto 105/2008 y las contenidas en el presente estudio.

El plan presentado y aceptado por la propiedad, una vez aprobado por la dirección facultativa, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos.

En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción y demolición por parte de los poseedores a los gestores se regirá por lo establecido en la legislación vigente en materia de residuos.

Mientras se encuentren en su poder, el poseedor de los residuos estará obligado a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos dentro de la obra en que se produzcan.

Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma donde se ubique la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

El poseedor de los residuos de construcción y demolición estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar al productor los certificados y la documentación acreditativa de la gestión de los residuos, así como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### 2.2.3.- Gestor de residuos

Además de las recogidas en la legislación específica sobre residuos, el gestor de residuos de construcción y demolición cumplirá con las siguientes obligaciones:

1. En el supuesto de actividades de gestión sometidas a autorización por la legislación de residuos, llevar un registro en el que, como mínimo, figure la cantidad de residuos gestionados, expresada en toneladas y en metros cúbicos, el tipo de residuos, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde proceden, o del gestor, cuando procedan de otra operación anterior de gestión, el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metros cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes de la actividad.
2. Poner a disposición de las administraciones públicas competentes, a petición de las mismas, la información contenida en el registro mencionado en el punto anterior. La información referida a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.
3. Extender al poseedor o al gestor que le entregue residuos de construcción y demolición, en los términos recogidos en este real decreto, los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando el productor y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia. Cuando se trate de un gestor que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir al poseedor o al gestor que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.
4. En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento, se detectarán y se separarán, almacenarán adecuadamente y derivarán a gestores autorizados de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción y demolición. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir el productor, el poseedor o, en su caso, el gestor precedente que haya enviado dichos residuos a la instalación.

### 3.- NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

El presente estudio se redacta al amparo del artículo 4.1 a) del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, sobre "Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición".

A la obra objeto del presente estudio le es de aplicación el Real Decreto 105/2008, en virtud del artículo 3, por generarse residuos de construcción y demolición definidos en el artículo 3, como:

*"cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de Residuo incluida en la legislación vigente en materia de residuos, se genere en una obra de construcción o demolición" o bien, "aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas".*

No es aplicable al presente estudio la excepción contemplada en el artículo 3.1 del Real Decreto 105/2008, al no generarse los siguientes residuos:

- a) Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.
- b) Los residuos de industrias extractivas regulados por la Directiva 2006/21/CE, de 15 de marzo.
- c) Los lodos de dragado no peligrosos reubicados en el interior de las aguas superficiales derivados de las actividades de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones o las sequías, reguladas por el Texto Refundido de la Ley de Aguas, por la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, y por los tratados internacionales de los que España sea parte.

A aquellos residuos que se generen en la presente obra y estén regulados por legislación específica sobre residuos, cuando estén mezclados con otros residuos de construcción y demolición, les será de aplicación el Real Decreto 105/2008 en los aspectos no contemplados en la legislación específica.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Para la elaboración del presente estudio se ha considerado la normativa siguiente:

- Artículo 45 de la Constitución Española.

## **G GESTIÓN DE RESIDUOS**

### **Real Decreto sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto**

Real Decreto 108/1991, de 1 de febrero, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno.

B.O.E.: 6 de febrero de 1991

### **Ley de envases y residuos de envases**

Ley 11/1997, de 24 de abril, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 25 de abril de 1997

Desarrollada por:

#### **Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases**

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Modificada por:

#### **Modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio**

Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 27 de marzo de 2010

### **Plan nacional de residuos de construcción y demolición 2001-2006**

Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente.

B.O.E.: 12 de julio de 2001

### **Real Decreto por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero**

Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, del Ministerio de Medio Ambiente.

B.O.E.: 29 de enero de 2002

Modificado por:

#### **Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición**

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de febrero de 2008

Modificado por:

#### **Modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio**

Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 27 de marzo de 2010

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición**

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de febrero de 2008

### **Plan nacional integrado de residuos para el período 2008-2015**

Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático.

B.O.E.: 26 de febrero de 2009

### **Ley de residuos y suelos contaminados**

Ley 22/2011, de 28 de julio, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 29 de julio de 2011

### **Decreto por el que se regula el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos y el Registro General de Productores y Gestores de Residuos de Galicia**

Decreto 174/2005, de 9 de junio, de la Consellería de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 29 de junio de 2005

Desarrollado por:

**Orden por la que se desarrolla el Decreto 174/2005, de 9 de junio, por el que se regula el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos y el Registro General de Productores y Gestores de Residuos de Galicia**

Orden de 15 de junio de 2006, de la Consellería de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Comunidad Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 26 de junio de 2006

## **GC GESTIÓN DE RESIDUOS | CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS**

### **Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos**

Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero, del Ministerio de Medio Ambiente.

B.O.E.: 19 de febrero de 2002

Corrección de errores:

**Corrección de errores de la Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero**

B.O.E.: 12 de marzo de 2002

### **4.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN GENERADOS EN LA OBRA, CODIFICADOS SEGÚN LA ORDEN MAM/304/2002.**

Todos los posibles residuos generados en la obra de demolición se han codificado atendiendo a la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos, según la Lista Europea de Residuos (LER) aprobada por la Decisión 2005/532/CE, dando lugar a los siguientes grupos:

RCD de Nivel I: Tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación

El Real Decreto 105/2008 (artículo 3.1.a), considera como excepción de ser consideradas como residuos:

*Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas, reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.*

RCD de Nivel II: Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Se ha establecido una clasificación de RCD generados, según los tipos de materiales de los que están compuestos:

**Material según Orden Ministerial MAM/304/2002**

**RCD de Nivel I**

1 Tierras y pétreos de la excavación

**RCD de Nivel II**

**RCD de naturaleza no pétreo**

1 Asfalto

2 Madera

3 Metales (incluidas sus aleaciones)

4 Papel y cartón

5 Plástico

6 Vidrio

7 Yeso

8 Basuras

**RCD de naturaleza pétreo**

1 Arena, grava y otros áridos

2 Hormigón

3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos

4 Piedra

**RCD potencialmente peligrosos**

1 Otros

**5.- ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA**

Se ha estimado la cantidad de residuos generados en la obra, a partir de las mediciones del proyecto, en función del peso de materiales integrantes en los rendimientos de los correspondientes precios descompuestos de cada unidad de obra, determinando el peso de los restos de los materiales sobrantes (mermas, roturas, despuntes, etc) y el del embalaje de los productos suministrados.

El volumen de excavación de las tierras y de los materiales pétreos no utilizados en la obra, se ha calculado en función de las dimensiones del proyecto, afectado por un coeficiente de esponjamiento según la clase de terreno.

A partir del peso del residuo, se ha estimado su volumen mediante una densidad aparente definida por el cociente entre el peso del residuo y el volumen que ocupa una vez depositado en el contenedor.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Densidad aparente (t/m³)	Peso (t)	Volumen (m³)
<b>RCD de Nivel I</b>				
1 Tierras y pétreos de la excavación				
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	1,13	512,575	452,489
<b>RCD de Nivel II</b>				
RCD de naturaleza no pétreo				
1 Asfalto				
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.	17 03 02	1,00	0,003	0,003
2 Madera				

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	Peso (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Madera.	17 02 01	1,10	3,580	3,255
<b>3 Metales (incluidas sus aleaciones)</b>				
Envases metálicos.	15 01 04	0,60	0,021	0,035
Cobre, bronce, latón.	17 04 01	1,50	0,001	0,001
Aluminio.	17 04 02	1,50	0,000	0,000
Hierro y acero.	17 04 05	2,10	0,385	0,183
Metales mezclados.	17 04 07	1,50	0,050	0,033
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	17 04 11	1,50	0,009	0,006
<b>4 Papel y cartón</b>				
Envases de papel y cartón.	15 01 01	0,75	0,548	0,731
<b>5 Plástico</b>				
Plástico.	17 02 03	0,60	0,379	0,632
<b>6 Vidrio</b>				
Vidrio.	17 02 02	1,00	1,236	1,236
<b>7 Yeso</b>				
Residuos no especificados en otra categoría.	06 11 99	0,90	0,003	0,003
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	1,00	1,901	1,901
<b>8 Basuras</b>				
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	0,60	0,091	0,152
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	17 09 04	1,50	0,793	0,529
Residuos biodegradables.	20 02 01	1,50	13,362	8,908
Residuos de la limpieza viaria.	20 03 03	1,50	11,513	7,675
<b>RCD de naturaleza pétreo</b>				
<b>1 Arena, grava y otros áridos</b>				
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 08	1,50	0,490	0,327
Residuos de arena y arcillas.	01 04 09	1,60	0,827	0,517
<b>2 Hormigón</b>				
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	1,50	28,582	19,055
<b>3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>				
Ladrillos.	17 01 02	1,25	4,021	3,217
Tejas y materiales cerámicos.	17 01 03	1,25	3,832	3,066
<b>4 Piedra</b>				
Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 13	1,50	0,050	0,033
<b>RCD potencialmente peligrosos</b>				
<b>1 Otros</b>				
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	0,90	0,043	0,048

En la siguiente tabla, se exponen los valores del peso y el volumen de RCD, agrupados por niveles y apartados

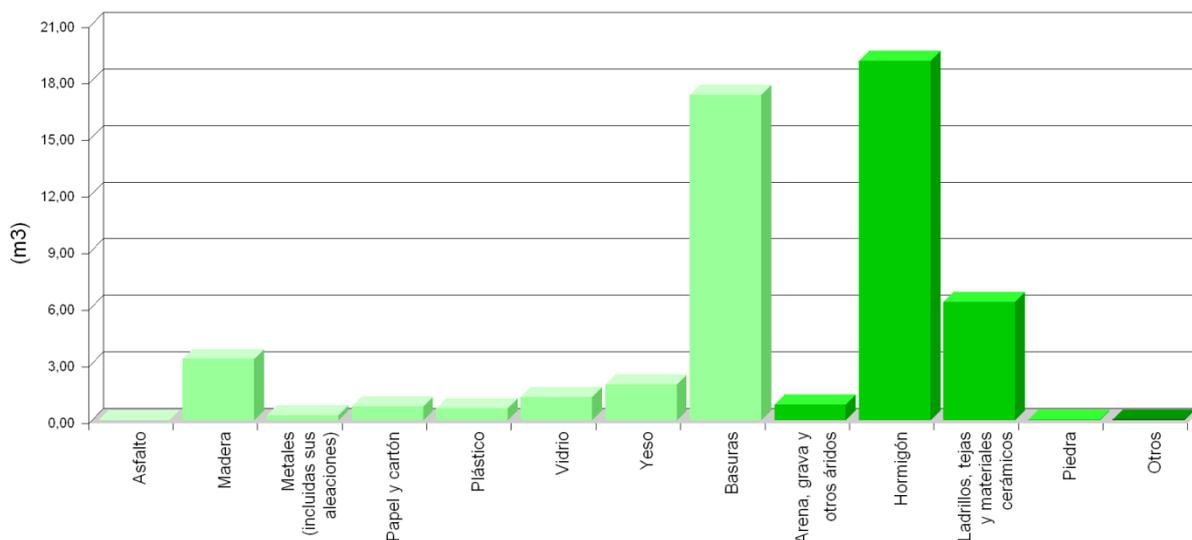
Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Peso (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>RCD de Nivel I</b>		
1 Tierras y pétreos de la excavación	512,575	452,489
<b>RCD de Nivel II</b>		
RCD de naturaleza no pétreo		

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

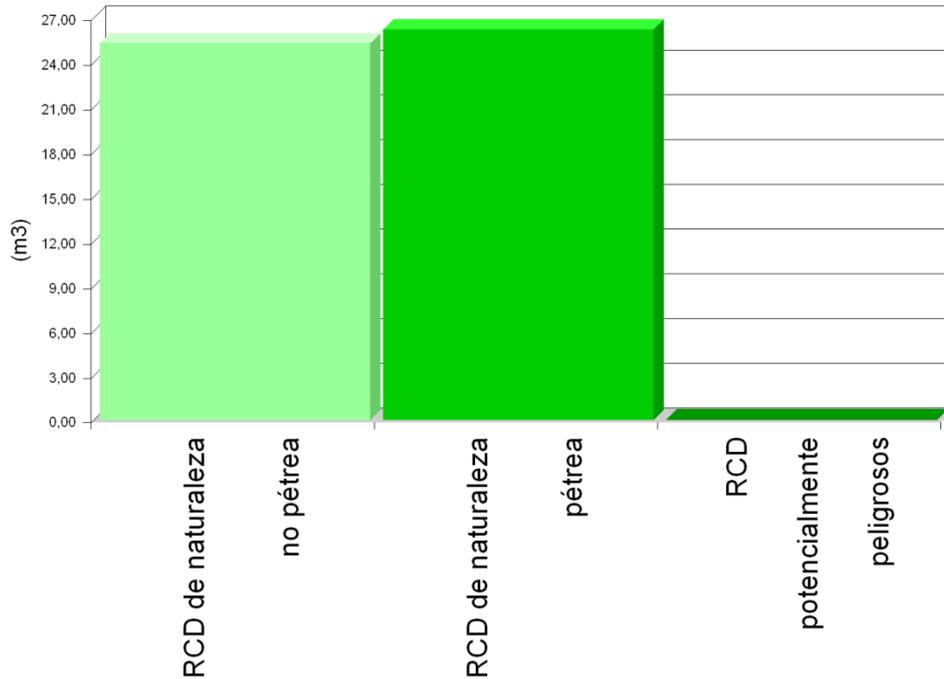
**Autor:** Silvia Sartal García.

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Peso (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1 Asfalto	0,003	0,003
2 Madera	3,580	3,255
3 Metales (incluidas sus aleaciones)	0,466	0,258
4 Papel y cartón	0,548	0,731
5 Plástico	0,379	0,632
6 Vidrio	1,236	1,236
7 Yeso	1,904	1,904
8 Basuras	25,759	17,264
<b>RCD de naturaleza pétrea</b>		
1 Arena, grava y otros áridos	1,317	0,844
2 Hormigón	28,582	19,055
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	7,853	6,282
4 Piedra	0,050	0,033
<b>RCD potencialmente peligrosos</b>		
1 Otros	0,043	0,048

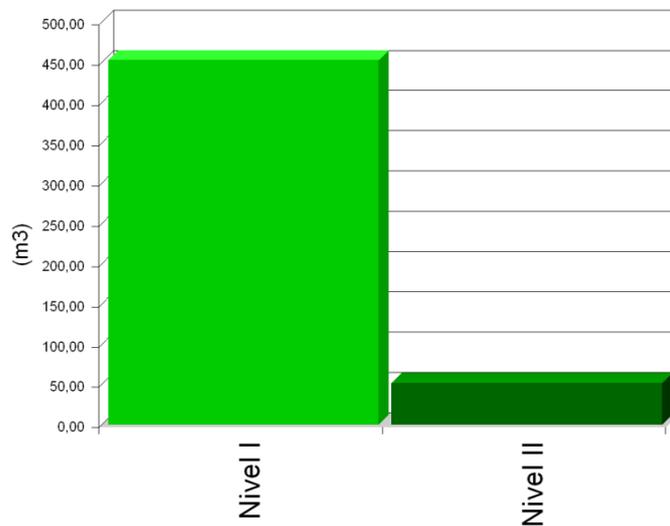
Volumen de RCD de Nivel II



Volumen de RCD de Nivel II



Volumen de RCD de Nivel I y Nivel II



## 6.- MEDIDAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RESULTANTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO

En la fase de proyecto se han tenido en cuenta las distintas alternativas compositivas, constructivas y de diseño, optando por aquellas que generan el menor volumen de residuos en la fase de construcción y de explotación, facilitando, además, el desmantelamiento de la obra al final de su vida útil con el menor impacto ambiental.

Con el fin de generar menos residuos en la fase de ejecución, el constructor asumirá la responsabilidad de organizar y planificar la obra, en cuanto al tipo de suministro, acopio de materiales y proceso de ejecución.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Como criterio general, se adoptarán las siguientes medidas para la planificación y optimización de la gestión de los residuos generados durante la ejecución de la obra:

- La excavación se ajustará a las dimensiones específicas del proyecto, atendiendo a las cotas de los planos de cimentación, hasta la profundidad indicada en el mismo que coincidirá con el Estudio Geotécnico correspondiente con el visto bueno de la Dirección Facultativa. En el caso de que existan lodos de drenaje, se acotará la extensión de las bolsas de los mismos.
- Se evitará en lo posible la producción de residuos de naturaleza pétreo (bolos, grava, arena, etc.), pactando con el proveedor la devolución del material que no se utilice en la obra.
- El hormigón suministrado será preferentemente de central. En caso de que existan sobrantes se utilizarán en las partes de la obra que se prevea para estos casos, como hormigones de limpieza, base de solados, rellenos, etc.
- Las piezas que contengan mezclas bituminosas, se suministrarán justas en dimensión y extensión, con el fin de evitar los sobrantes innecesarios. Antes de su colocación se planificará la ejecución para proceder a la apertura de las piezas mínimas, de modo que queden dentro de los envases los sobrantes no ejecutados.
- Todos los elementos de madera se replantearán junto con el oficial de carpintería, con el fin de optimizar la solución, minimizar su consumo y generar el menor volumen de residuos.
- El suministro de los elementos metálicos y sus aleaciones, se realizará con las cantidades mínimas y estrictamente necesarias para la ejecución de la fase de la obra correspondiente, evitándose cualquier trabajo dentro de la obra, a excepción del montaje de los correspondientes kits prefabricados.
- Se solicitará de forma expresa a los proveedores que el suministro en obra se realice con la menor cantidad de embalaje posible, renunciando a los aspectos publicitarios, decorativos y superfluos.

En el caso de que se adopten otras medidas alternativas o complementarias para la planificación y optimización de la gestión de los residuos de la obra, se le comunicará de forma fehaciente al Director de Obra y al Director de la Ejecución de la Obra para su conocimiento y aprobación. Estas medidas no supondrán menoscabo alguno de la calidad de la obra, ni interferirán en el proceso de ejecución de la misma.

## **7.- OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENEREN EN LA OBRA**

El desarrollo de las actividades de valorización de residuos de construcción y demolición requerirá autorización previa del órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, en los términos establecidos por la legislación vigente en materia de residuos.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de tiempo determinado, y podrá ser renovada por periodos sucesivos.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de los técnicos responsables de su dirección y de que está prevista la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Los áridos reciclados obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen.

Cuando se prevea la operación de reutilización en otra construcción de los sobrantes de las tierras procedentes de la excavación, de los residuos minerales o pétreos, de los materiales cerámicos o de los materiales no pétreos y metálicos, el proceso se realizará preferentemente en el depósito municipal.

En relación al destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorables "in situ", se expresan las características, su cantidad, el tipo de tratamiento y su destino, en la tabla siguiente:

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Tratamiento	Destino	Peso (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>RCD de Nivel I</b>					
1 Tierras y pétreos de la excavación					

**Proyecto: Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"**  
**Situación: Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra**  
**Fecha: Enero 2016**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Tratamiento	Destino	Peso (t)	Volumen (m³)
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	Sin tratamiento específico	Restauración / Vertedero	512,575	452,489
<b>RCD de Nivel II</b>					
<b>RCD de naturaleza no pétreo</b>					
<b>1 Asfalto</b>					
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.	17 03 02	Reciclado	Planta reciclaje RCD	0,003	0,003
<b>2 Madera</b>					
Madera.	17 02 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	3,580	3,255
<b>3 Metales (incluidas sus aleaciones)</b>					
Envases metálicos.	15 01 04	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RNPs	0,021	0,035
Cobre, bronce, latón.	17 04 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,001	0,001
Aluminio.	17 04 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,000	0,000
Hierro y acero.	17 04 05	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,385	0,183
Metales mezclados.	17 04 07	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,050	0,033
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	17 04 11	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,009	0,006
<b>4 Papel y cartón</b>					
Envases de papel y cartón.	15 01 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,548	0,731
<b>5 Plástico</b>					
Plástico.	17 02 03	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,379	0,632
<b>6 Vidrio</b>					
Vidrio.	17 02 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	1,236	1,236
<b>7 Yeso</b>					
Residuos no especificados en otra categoría.	06 11 99	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RNPs	0,003	0,003
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	1,901	1,901
<b>8 Basuras</b>					
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,091	0,152
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	17 09 04	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,793	0,529
Residuos biodegradables.	20 02 01	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RSU	13,362	8,908
Residuos de la limpieza viaria.	20 03 03	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RSU	11,513	7,675
<b>RCD de naturaleza pétreo</b>					
<b>1 Arena, grava y otros áridos</b>					
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 08	Reciclado	Planta reciclaje RCD	0,490	0,327
Residuos de arena y arcillas.	01 04 09	Reciclado	Planta reciclaje RCD	0,827	0,517
<b>2 Hormigón</b>					
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RCD	28,582	19,055
<b>3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>					
Ladrillos.	17 01 02	Reciclado	Planta reciclaje RCD	4,021	3,217
Tejas y materiales cerámicos.	17 01 03	Reciclado	Planta reciclaje RCD	3,832	3,066
<b>4 Piedra</b>					
Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	01 04 13	Sin tratamiento específico	Restauración / Vertedero	0,050	0,033
<b>RCD potencialmente peligrosos</b>					
<b>1 Otros</b>					
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,043	0,048

Notas:

RCD: Residuos de construcción y demolición

RSU: Residuos sólidos urbanos

RNPs: Residuos no peligrosos

RPs: Residuos peligrosos

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 8.- MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN OBRA

Los residuos de construcción y demolición se separarán en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 t.
- Ladrillos, tejas y materiales cerámicos: 40 t.
- Metales (incluidas sus aleaciones): 2 t.
- Madera: 1 t.
- Vidrio: 1 t.
- Plástico: 0,5 t.
- Papel y cartón: 0,5 t.

En la tabla siguiente se indica el peso total expresado en toneladas, de los distintos tipos de residuos generados en la obra objeto del presente estudio, y la obligatoriedad o no de su separación in situ.

TIPO DE RESIDUO	TOTAL RESIDUO OBRA (t)	UMBRAL SEGÚN NORMA (t)	SEPARACIÓN "IN SITU"
Hormigón	28,582	80,00	NO OBLIGATORIA
Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	7,853	40,00	NO OBLIGATORIA
Metales (incluidas sus aleaciones)	0,466	2,00	NO OBLIGATORIA
Madera	3,580	1,00	OBLIGATORIA
Vidrio	1,236	1,00	OBLIGATORIA
Plástico	0,379	0,50	NO OBLIGATORIA
Papel y cartón	0,548	0,50	OBLIGATORIA

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.

Si por falta de espacio físico en la obra no resulta técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el artículo 5. "Obligaciones del poseedor de residuos de construcción y demolición" del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero.

El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma donde se ubica la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

## 9.- PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

- Razón social.
- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.
- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

Los residuos que contengan amianto cumplirán los preceptos dictados por el Real Decreto 108/1991, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto (artículo 7.), así como la legislación laboral de aplicación. Para determinar la condición de residuos peligrosos o no peligrosos, se seguirá el proceso indicado en la Orden MAM/304/2002, Anexo II. Lista de Residuos. Punto 6.

## **10.- VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.**

El coste previsto de la gestión de los residuos se ha determinado a partir de la estimación descrita en el apartado 5, "ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA", aplicando los precios correspondientes para cada unidad de obra, según se detalla en el capítulo de Gestión de Residuos del presupuesto del proyecto.

Subcapítulo	TOTAL (€)
TOTAL	0,00

## **11.- DETERMINACIÓN DEL IMPORTE DE LA FIANZA**

Con el fin de garantizar la correcta gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras, las Entidades Locales exigen el depósito de una fianza u otra garantía financiera equivalente, que responda de la correcta gestión de los residuos de construcción y demolición que se produzcan en la obra, en los términos previstos en la legislación autonómica y municipal.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

En el presente estudio se ha considerado, a efectos de la determinación del importe de la fianza, los importe mínimo y máximo fijados por la Entidad Local correspondiente.

- Costes de gestión de RCD de Nivel I: 4.00 €/m<sup>3</sup>
- Costes de gestión de RCD de Nivel II: 10.00 €/m<sup>3</sup>
- Importe mínimo de la fianza: 40.00 € - como mínimo un 0.2 % del PEM.
- Importe máximo de la fianza: 60000.00 €

En el cuadro siguiente, se determina el importe de la fianza o garantía financiera equivalente prevista en la gestión de RCD.

<b>Presupuesto de Ejecución Material de la Obra (PEM):</b>					<b>387.738,11€</b>
<b>A: ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE RCD A EFECTOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA FIANZA</b>					
Tipología	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coste de gestión (€/m <sup>3</sup> )	Importe (€)	% s/PEM	
<b>A.1. RCD de Nivel I</b>					
Tierras y pétreos de la excavación	452,49	4,00			
<b>Total Nivel I</b>			1.809,96 <sup>(1)</sup>	0,47	
<b>A.2. RCD de Nivel II</b>					
RCD de naturaleza pétreo	26,22	10,00			
RCD de naturaleza no pétreo	25,28	10,00			
RCD potencialmente peligrosos	0,05	10,00			
<b>Total Nivel II</b>			775,48 <sup>(2)</sup>	0,20	
<b>Total</b>			2.585,43	0,67	
<i>Notas:</i>					
<sup>(1)</sup> Entre 40,00€ y 60.000,00€.					
<sup>(2)</sup> Como mínimo un 0.2 % del PEM.					
<b>B: RESTO DE COSTES DE GESTIÓN</b>					
Concepto			Importe (€)	% s/PEM	
Costes administrativos, alquileres, portes, etc.			581,61	0,15	
<b>TOTAL:</b>			<b>3.167,04€</b>	<b>0,82</b>	

## 12.- PLANOS DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra, se adjuntan al presente estudio.

En los planos, se especifica la ubicación de:

- Las bajantes de escombros.
- Los acopios y/o contenedores de los distintos tipos de RCD.
- Los contenedores para residuos urbanos.
- Las zonas para lavado de canaletas o cubetas de hormigón.
- La planta móvil de reciclaje "in situ", en su caso.
- Los materiales reciclados, como áridos, materiales cerámicos o tierras a reutilizar.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- El almacenamiento de los residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos, si los hubiere.

Estos PLANOS podrán ser objeto de adaptación al proceso de ejecución, organización y control de la obra, así como a las características particulares de la misma, siempre previa comunicación y aceptación por parte del Director de Obra y del Director de la Ejecución de la Obra.

En Villagarcía de Arosa

EL PRODUCTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## **4-12 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.12) PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

##### **ÍNDICE**

<b>1.- INTRODUCCIÓN.</b>	<b>586</b>
<b>2.- CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA: PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES.</b>	<b>586</b>
<b>3.- CONTROL DE CALIDAD EN LA EJECUCIÓN: PRESCRIPCIONES SOBRE LA EJECUCIÓN POR UNIDAD DE OBRA.</b>	<b>587</b>
<b>4.- CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA OBRA TERMINADA: PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO.</b>	<b>650</b>
<b>5.- VALORACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>650</b>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## 1.- INTRODUCCIÓN.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

El CTE determina, además, que dichas exigencias básicas deben cumplirse en el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios y sus instalaciones.

La comprobación del cumplimiento de estas exigencias básicas se determina mediante una serie de controles: el control de recepción en obra de los productos, el control de ejecución de la obra y el control de la obra terminada.

Se redacta el presente Plan de control de calidad como anejo del proyecto, con objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el Anejo I de la parte I del CTE, en el apartado correspondiente a los Anejos de la Memoria, habiendo sido elaborado atendiendo a las prescripciones de la normativa de aplicación vigente, a las características del proyecto y a lo estipulado en el Pliego de Condiciones del presente proyecto.

Este anejo del proyecto no es un elemento sustancial del mismo, puesto que todo su contenido queda suficientemente referenciado en el correspondiente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares del proyecto.

Simplemente es un documento complementario, cuya misión es servir de ayuda al Director de Ejecución de la Obra para redactar el correspondiente ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA, elaborado en función del Plan de Obra del constructor; donde se cuantifica, mediante la integración de los requisitos del Pliego con las mediciones del proyecto, el número y tipo de ensayos y pruebas a realizar por parte del laboratorio acreditado, permitiéndole obtener su valoración económica.

El control de calidad de las obras incluye:

- El control de recepción en obra de los productos.
- El control de ejecución de la obra.
- El control de la obra terminada.

Para ello:

- 1) El Director de la Ejecución de la Obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme a lo establecido en el proyecto, sus anejos y sus modificaciones.
- 2) El Constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al Director de Obra y al Director de la Ejecución de la Obra la documentación de los productos anteriormente señalada, así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda.
- 3) La documentación de calidad preparada por el Constructor sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el Director de la Ejecución de la Obra, como parte del control de calidad de la obra.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el Director de la Ejecución de la Obra, en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten un interés legítimo.

## 2.- CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA: PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES.

En el apartado del Pliego del proyecto, correspondiente a las Prescripciones sobre los materiales, se establecen las condiciones de suministro; recepción y control; conservación, almacenamiento y manipulación, y recomendaciones para su uso en obra, de todos aquellos materiales utilizados en la obra.

El control de recepción abarcará ensayos de comprobación sobre aquellos productos a los que así se les exija en la reglamentación vigente, en el Pliego del proyecto o en el correspondiente ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA. Este control se efectuará sobre el muestreo del producto, sometiéndose a criterios de aceptación y rechazo y adoptándose las decisiones allí determinadas.

El Director de Ejecución de la Obra cursará instrucciones al Constructor para que aporte los certificados de calidad y el marcado CE de los productos, equipos y sistemas que se incorporen a la obra.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### 3.- CONTROL DE CALIDAD EN LA EJECUCIÓN: PRESCRIPCIONES SOBRE LA EJECUCIÓN POR UNIDAD DE OBRA.

En el apartado del Pliego del proyecto, correspondiente a las Prescripciones sobre la ejecución por unidad de obra, se enumeran las fases de la ejecución de cada unidad de obra.

Las unidades de obra son ejecutadas a partir de materiales (productos) que han pasado su control de calidad, por lo que la calidad de los componentes de la unidad de obra queda acreditada por los documentos que los avalan, sin embargo, la calidad de las partes no garantiza la calidad del producto final (unidad de obra).

En este apartado del Plan de control de calidad, se establecen las operaciones de control mínimas a realizar durante la ejecución de cada unidad de obra, para cada una de las fases de ejecución descritas en el Pliego, así como las pruebas de servicio a realizar a cargo y cuenta de la empresa constructora o instaladora.

Para poder avalar la calidad de las unidades de obra, se establece, de modo orientativo, la frecuencia mínima de control a realizar, incluyendo los aspectos más relevantes para la correcta ejecución de la unidad de obra, a verificar por parte del Director de Ejecución de la Obra durante el proceso de ejecución.

El Director de Ejecución de la Obra redactará el correspondiente ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA, de acuerdo con las especificaciones del proyecto y lo descrito en el presente Plan de control de calidad.

A continuación se detallan los controles mínimos a realizar por el Director de Ejecución de la Obra, y las pruebas de servicio a realizar por el contratista, a su cargo, para cada una de las unidades de obra:

**01.03 Apertura de hueco en fachada de mampostería ordinaria a una cara vista de piedra granítica, con mortero, con medios manuales, acopio del 100% del material demolido para su reutilización en tapiado de ventana superior (incluido en el precio) y carga manual de escombros sobrantes sobre camión o contenedor.** **2,25 m³**

FASE	1		Acopio de los materiales a reutilizar.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Acopio.	1 por muro	■ No se han apilado y almacenado en función de su posterior gestión.

FASE	2	Retirada y acopio de escombros.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Acopio.	1 por muro	■ No se han apilado y almacenado en función de su posterior gestión. ■ Se han vertido en el exterior del recinto.

**02.03 Demolición de pilar de fábrica de ladrillo hueco, con medios manuales, y carga manual de 0,59 m³ escombros sobre camión o contenedor.**

FASE	1	Retirada y acopio de escombros.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Acopio.	1 por pilastra	■ No se han apilado y almacenado en función de su posterior gestión. ■ Se han vertido en el exterior del recinto.

**02.04 Levantado de carpintería acristalada de madera de cualquier tipo situada en fachada, de menos de 3 m² de superficie, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.** **18,00 Ud**

**02.05 Levantado de carpintería acristalada de madera de cualquier tipo situada en fachada, entre 3 y 6 m² de superficie, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.** **6,00 Ud**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	1		Retirada y acopio del material desmontado.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Acopio.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se han apilado y almacenado en función de su posterior gestión.</li> <li>■ Se han vertido en el exterior del recinto.</li> </ul>

**02.02 Demolición de partición interior de fábrica revestida en planta semisótano, formada por ladrillo 39,92 m<sup>2</sup> hueco sencillo de 4/5 cm de espesor, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.**

**02.06 Demolición de tapiado exterior en ventanas, de fábrica revestida, formada por ladrillo hueco 0,90 m<sup>2</sup> sencillo de 4/5 cm de espesor, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.**

FASE	1	Retirada y acopio de escombros.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Acopio.	1 por partición	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se han apilado y almacenado en función de su posterior gestión.</li> <li>■ Se han vertido en el exterior del recinto.</li> </ul>

**02.01 Arranque de cobertura de teja cerámica plana alicantina y elementos de fijación, colocada con 31,02 m<sup>2</sup> mortero a menos de 20 m de altura, en cubierta inclinada a ocho aguas con una pendiente media del 44%, con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.**

FASE	1	Retirada y acopio del material desmontado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Acopio.	1 por cobertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se han apilado y almacenado en función de su posterior gestión.</li> <li>■ Se han vertido en el exterior del recinto.</li> </ul>

**02.07 Limpieza general de fachada y picado puntual de enfoscado de cal y cemento en zonas que 369,93 m<sup>2</sup> presenten mal estado(para su posterior reposición), aplicado sobre paramento vertical exterior de más de 3 m de altura, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.**

**03.04 Picado y limpieza de enfoscado de cal y cemento de la fachada sur, tras el desmonte, sobre 14,75 m<sup>2</sup> paramento vertical exterior de hasta 3 m de altura en planta semisótano, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.**

FASE	1	Retirada y acopio de escombros.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Acopio.	1 por enfoscado	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se han apilado y almacenado en función de su posterior gestión.</li> <li>■ Se han vertido en el exterior del recinto.</li> </ul>

**01.01 Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, y RCD en planta semisótano, hasta una 107,95 m<sup>2</sup> profundidad mínima de 25 cm, con medios manuales, retirada y apilado de los materiales.**

**01.02 Desbroce y limpieza del terreno exterior de la finca, hasta una profundidad mínima de 25 cm, 564,37 m<sup>2</sup> con medios manuales, retirada y apilado de los materiales.**

FASE	1	Replanteo en el terreno.	
------	---	--------------------------	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Distancias relativas a lindes de parcela, servicios, servidumbres, cimentaciones y edificaciones próximas.	1 en general	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Retirada y disposición manual de los materiales objeto de desbroce.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Profundidad.	1 cada 1000 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por explanada	■ Inferior a 25 cm.

**03.03 Desmante en tierra, con empleo de medios mecánicos para ejecución de rampa de acceso a 83,63 m<sup>3</sup> planta semisótano.**

FASE	1	Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Exactitud del replanteo.	1 cada 50 m de perímetro y no menos de 1 por desmante	■ Errores superiores al 2,5‰. ■ Variaciones superiores a ±100 mm.
1.2	Distancias relativas a lindes de parcela, servicios, servidumbres, cimentaciones y edificaciones próximas.	1 en general	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Desmante en sucesivas franjas horizontales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Altura de cada franja.	1 cada 2000 m <sup>3</sup> y no menos de 1 cada 3 m de altura	■ Superior a 3,3 m.
2.2	Cota del fondo.	1 cada 1000 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por explanada	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.3	Nivelación de la explanada.	1 cada 1000 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por explanada	■ Variaciones no acumulativas de 50 mm en general.
2.4	Identificación de las características del terreno del fondo de la excavación.	1 cada 1000 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por explanada	■ Diferencias respecto a las especificaciones del estudio geotécnico.
2.5	Discontinuidades del terreno durante el corte de tierras.	1 cada 1000 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por explanada	■ Existencia de lentejones o restos de edificaciones.

FASE	3	Refino de taludes.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Ángulo de taludes.	1 cada 3 m de altura y no menos de 1 por talud	■ Variaciones en el ángulo del talud superiores a ±2°.

**03.01 Excavación de sótanos de hasta 2 m de profundidad en suelo de arcilla semidura, con medios 107,95 m<sup>3</sup> manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión.**

FASE	1	Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Dimensiones en planta, cotas de fondo y cotas entre ejes.	1 por vértice del perímetro a excavar	■ Errores superiores al 2,5‰. ■ Variaciones superiores a ±100 mm.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.2	Distancias relativas a lindes de parcela, servicios, servidumbres, cimentaciones y edificaciones próximas.	1 en general	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Altura de cada franja.	1 por franja	■ Superior a 1,65 m.
2.2	Cota del fondo.	1 por explanada	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.3	Nivelación de la explanada.	1 por explanada	■ Variaciones no acumulativas de 50 mm en general.
2.4	Identificación de las características del terreno del fondo de la excavación.	1 por explanada	■ Diferencias respecto a las especificaciones del estudio geotécnico.
2.5	Discontinuidades del terreno durante el corte de tierras.	1 por explanada	■ Existencia de lentejones o restos de edificaciones.

FASE	3	Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Grado de acabado en el refino de fondos y laterales.	1 por explanada	■ Variaciones superiores a $\pm 50$ mm respecto a las especificaciones de proyecto.

**04.01 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 60x60x50 cm, con tapa 4,00 Ud prefabricada de hormigón armado.**

**04.02 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 60x60x75 cm, con tapa 1,00 Ud prefabricada de hormigón armado.**

**04.03 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 70x70x85 cm, con tapa 1,00 Ud prefabricada de hormigón armado.**

**04.04 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 70x70x90 cm, con tapa 1,00 Ud prefabricada de hormigón armado.**

**04.05 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 80x80x100 cm, con tapa 2,00 Ud prefabricada de hormigón armado.**

**04.06 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 100x100x110 cm, con 1,00 Ud tapa prefabricada de hormigón armado.**

**04.07 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 100x100x125 cm, con 1,00 Ud tapa prefabricada de hormigón armado.**

**04.08 Arqueta de paso, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 125x125x130 cm, con 1,00 Ud tapa prefabricada de hormigón armado.**

FASE	1	Replanteo de la arqueta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Dimensiones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Distancia a otros elementos e instalaciones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.	
------	---	--	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Superficie de apoyo.	1 por unidad	■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.

FASE	3	Vertido y compactación del hormigón en formación de solera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Espesor.	1 por unidad	■ Inferior a 15 cm.
3.2	Condiciones de vertido del hormigón.	1 por unidad	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.

FASE	4	Formación de la obra de fábrica con ladrillos, previamente humedecidos, colocados con mortero.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Dimensiones interiores.	1 por unidad	■ Variaciones superiores al 10%.

FASE	5	Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Conexiones de los tubos y sellado.	1 por tubo	■ Entrega de tubos insuficiente. ■ Fijación defectuosa. ■ Falta de hermeticidad.

FASE	6	Relleno de hormigón para formación de pendientes y colocación de las piezas de PVC en el fondo de la arqueta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Pendiente.	1 por unidad	■ Inferior al 2%.
6.2	Enrasado de los tubos.	1 por unidad	■ Remate de las piezas de PVC con el hormigón a distinto nivel.

FASE	7	Enfoscado y bruñido con mortero, redondeando los ángulos del fondo y de las paredes interiores de la arqueta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Acabado interior.	1 por unidad	■ Existencia de irregularidades.

FASE	8	Realización del cierre hermético y colocación de la tapa y los accesorios.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
8.1	Tapa de registro y sistema de cierre.	1 por unidad	■ Diferencias de medida entre el marco y la tapa. ■ Falta de hermeticidad en el cierre.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**04.09 Arqueta de bombeo, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 200x150x120 cm, 1,00 Ud con losa de hormigón armado HA-30/B/20/IIb+Qb y tapa prefabricada de hormigón armado, conjunto de dos bombas iguales en funcionamiento alternativo, siendo cada una de ellas una electrobomba sumergible con impulsor vórtex para achique de aguas residuales y fecales con cuerpos en suspensión o filamentosos, construida en hierro fundido, con una potencia de 1,8 kW.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**04.10 Arqueta de bombeo, de obra de fábrica, registrable, de dimensiones interiores 300x200x150 cm, 1,00 Ud con losa de hormigón armado HA-30/B/20/IIb+Qb y tapa prefabricada de hormigón armado, conjunto de dos bombas iguales en funcionamiento alternativo, siendo cada una de ellas una electrobomba sumergible con impulsor vórtex para achique de aguas residuales y fecales con cuerpos en suspensión o filamentosos, construida en hierro fundido, con una potencia de 1,8 kW.**

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Dimensiones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Distancia a otros elementos e instalaciones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Superficie de apoyo.	1 por unidad	■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.

FASE	3	Vertido y compactación del hormigón en formación de solera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Espesor.	1 por unidad	■ Inferior a 15 cm.
3.2	Condiciones de vertido del hormigón.	1 por unidad	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.

FASE	4	Formación de la obra de fábrica con ladrillos, previamente humedecidos, colocados con mortero.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Dimensiones interiores.	1 por unidad	■ Variaciones superiores al 10%.

FASE	5	Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Conexiones de los tubos y sellado.	1 por tubo	■ Entrega de tubos insuficiente. ■ Fijación defectuosa. ■ Falta de hermeticidad.

FASE	6	Enfoscado y bruñido con mortero, redondeando los ángulos del fondo y de las paredes interiores de la arqueta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Acabado interior.	1 por unidad	■ Existencia de irregularidades.

FASE	7	Realización del cierre hermético y colocación de la tapa y los accesorios.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Tapa de registro y sistema de cierre.	1 por unidad	■ Diferencias de medida entre el marco y la tapa. ■ Falta de hermeticidad en el cierre.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**04.11 Acometida general de saneamiento a la red general del municipio, de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m<sup>2</sup>, de 160 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo. 2,72 m**

FASE	1	Replanteo de la arqueta.
------	---	--------------------------

FASE	1	Replanteo y trazado de la acometida en planta y pendientes.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por acometida	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Distancia a otros elementos e instalaciones.	1 por acometida	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Anchura de la zanja.	1 por zanja	■ Inferior a 66 cm.

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Superficie de apoyo.	1 por acometida	■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.

FASE	3	Presentación en seco de tubos y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Número, tipo y dimensiones.	1 por acometida	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	4	Vertido de la arena en el fondo de la zanja.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Espesor de la capa.	1 por acometida	■ Inferior a 10 cm.
4.2	Humedad y compacidad.	1 por acometida	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	5	Descenso y colocación de los colectores en el fondo de la zanja.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Limpieza del interior de los colectores.	1 por colector	■ Existencia de restos o elementos adheridos.

FASE	6	Montaje de la instalación empezando por el extremo de cabecera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Pendiente.	1 por acometida	■ Inferior al 2%, para la evacuación de aguas residuales y/o pluviales.

FASE	7	Limpieza de la zona a unir con el líquido limpiador, aplicación del adhesivo y encaje de piezas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Limpieza.	1 por acometida	■ Existencia de restos de suciedad.

FASE	8	Ejecución del relleno envolvente.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
8.1	Espesor.	1 por acometida	■ Inferior a 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**04.12 Conexión de la acometida del edificio a la red general de saneamiento del municipio.**

**2,00 Ud**

FASE	1	Replanteo y trazado de la conexión en el pozo de registro.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1		Situación.	1 por unidad
			■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2		Distancia a otros elementos e instalaciones.	1 por unidad
			■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Resolución de la conexión.	
		Verificaciones	Nº de controles
2.1		Situación y dimensiones del tubo y la perforación del pozo.	1 por unidad
			■ Falta de correspondencia entre el tubo y la perforación para su conexión.
2.2		Conexiones de los tubos y sellado.	1 por unidad
			■ Entrega de tubos insuficiente. ■ Fijación defectuosa. ■ Falta de hermeticidad.

**04.13 Colector enterrado de saneamiento, sin arquetas, mediante sistema integral registrable, de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, de 160 mm de diámetro, con junta elástica.**

**65,60 m**

		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1		Situación.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2		Anchura de la zanja.	1 por zanja	■ Inferior a 66 cm.
1.3		Profundidad y trazado.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.4		Distancia a otros elementos e instalaciones.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.	
		Verificaciones	Nº de controles
2.1		Superficie de apoyo.	1 cada 10 m
			■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.

FASE	3	Presentación en seco de tubos y piezas especiales.	
		Verificaciones	Nº de controles
3.1		Número, tipo y dimensiones.	1 cada 10 m
			■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	4	Vertido de la arena en el fondo de la zanja.	
------	---	--	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Espesor de la capa.	1 cada 10 m	■ Inferior a 10 cm.
4.2	Humedad y compacidad.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	5	Descenso y colocación de los colectores en el fondo de la zanja.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Limpieza del interior de los colectores.	1 cada 10 m	■ Existencia de restos o elementos adheridos.

FASE	6	Montaje de la instalación empezando por el extremo de cabecera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Pendiente.	1 cada 10 m	■ Inferior al 2%, para la evacuación de aguas residuales y/o pluviales.
6.2	Distancia entre registros.	1 por colector	■ Superior a 15 m.

FASE	7	Limpieza de la zona a unir, colocación de juntas y encaje de piezas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Limpieza.	1 cada 10 m	■ Existencia de restos de suciedad.
7.2	Junta, conexión y sellado.	1 por junta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
FASE	1	Replanteo y trazado del conducto en planta y pendientes.	

FASE	8	Ejecución del relleno envolvente.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
8.1	Espesor.	1 cada 10 m	■ Inferior a 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**06.01 Encachado de 15 cm en caja para base de solera, con aporte de grava de cantera de piedra 107,95 m<sup>2</sup> caliza, Ø40/70 mm, y compactación mediante equipo manual con bandeja vibrante.**

FASE	1	Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Espesor de las tongadas.	1 por tongada	■ Superior a 20 cm.
1.2	Espesor del encachado.	1 por encachado	■ Inferior a 15 cm.
1.3	Granulometría de las gravas.	1 por encachado	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Compactación y nivelación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Uniformidad de la superficie de acabado.	1 por tongada	■ Existencia de asientos.
2.2	Planeidad.	1 por encachado	■ Irregularidades superiores a 20 mm, medidas con regla de 3 m en cualquier posición.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**06.05 Solera ventilada de hormigón armado de 40+6 cm de canto, con sistema de encofrado perdido de 90,58 m<sup>2</sup> polipropileno reciclado Módulo C-40 "CAVITTI" de dimensiones 750 x 500 mm y altura total 400 mm**

FASE	1	Colocación de la malla electrosoldada.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Disposición de las armaduras.	1 por solera	■ Desplazamiento de la armadura.	

FASE	2	Vertido y compactación del hormigón.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Espesor de la capa de compresión.	1 por solera	■ Inferior a 4 cm.	
2.2	Condiciones de vertido del hormigón.	1 por solera	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.	

FASE	3	Regleado y nivelación de la capa de compresión.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Rasante de la cara superior.	1 por solera	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
3.2	Planeidad.	1 por solera	■ Existencia de irregularidades.	

FASE	4	Curado del hormigón.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Método aplicado, tiempo de curado y protección de superficies.	1 por fase de hormigonado	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

**06.02 Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, para limpieza y nivelado de fondos en planta 105,41 m<sup>2</sup> semisótano, fabricado en central y vertido con cubilote, de 5 cm de espesor.**

FASE	1	Replanteo.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Reconocimiento del terreno, comprobándose la excavación, los estratos atravesados, nivel freático, existencia de agua y corrientes subterráneas.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Diferencias respecto a las especificaciones del estudio geotécnico.	

FASE	2	Vertido y compactación del hormigón.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Espesor de la capa de hormigón de limpieza.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Inferior a 5 cm.	
2.2	Condiciones de vertido del hormigón.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.	

FASE	3	Coronación y enrase del hormigón.		
------	---	-----------------------------------	--	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Rasante de la cara superior.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.2	Planeidad.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Variaciones superiores a ±16 mm, medidas con regla de 2 m.

**06.03 Montaje de sistema de encofrado y desencofrado metálico recuperable para viga de cierre de 17,76 m<sup>2</sup> solera y refuerzo de muro de dimensiones 0,30 x 0,46 m; para 50 puestas.**

FASE	1	Montaje del sistema de encofrado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Superficie interior del encofrado.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Falta de uniformidad. ■ Existencia de restos de suciedad.
1.2	Juntas.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Forma, situación y dimensiones.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Desmontaje del sistema de encofrado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Periodo mínimo de desmontaje del sistema de encofrado en función de la edad, resistencia y condiciones de curado.	1 por fase de hormigonado	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.2	Orden de desmontaje del sistema de encofrado.	1 por fase de hormigonado	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**06.04 Viga perimetral de cierre de solera y refuerzo de muro, de hormigón armado, realizada con 5,50 m<sup>3</sup> hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 60 kg/m**

FASE	1	Colocación de la armadura con separadores homologados.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Disposición de las armaduras.	1 por viga	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Radio de doblado, disposición y longitud de empalmes y anclajes.	1 por viga	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Recubrimientos de las armaduras.	1 por viga	■ Variaciones superiores al 15%.
1.4	Separación de la armadura inferior del fondo.	1 por viga	■ Recubrimiento inferior a 5 cm.
1.5	Suspensión y atado de la armadura superior.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Sujeción y canto útil distintos de los especificados en el proyecto.
FASE	2	Vertido y compactación del hormigón.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Limpieza de la excavación antes de hormigonar.	1 por viga	■ Existencia de restos de suciedad.
2.2	Canto de la viga.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Inferior a lo especificado en el proyecto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.3	Condiciones de vertido del hormigón.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado.</li> <li>■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.</li> </ul>

FASE	3	Coronación y enrase.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Rasante de la cara superior.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.2	Planeidad.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de superficie	■ Variaciones superiores a ±16 mm, medidas con regla de 2 m.

FASE	4	Curado del hormigón.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Método aplicado, tiempo de curado y protección de superficies.	1 por fase de hormigonado	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**03.02 Vaso de hormigón armado, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m<sup>3</sup>, para formación de foso de ascensor enterrado a nivel de la cimentación. Incluye excavación y carga de escombros sobre camión contenedor.** **3,94 m<sup>3</sup>**

FASE	1	Replanteo y trazado de los elementos.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Dimensiones en planta.	1 por foso	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Colocación de separadores y fijación de las armaduras.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Disposición de las armaduras.	1 por foso	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.2	Radio de doblado, disposición y longitud de empalmes y anclajes.	1 por foso	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.3	Recubrimientos de las armaduras.	1 por foso	■ Variaciones superiores al 15%.
2.4	Separación de la armadura inferior del fondo.	1 por foso	■ Recubrimiento inferior a 5 cm.

FASE	3	Vertido y compactación del hormigón.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Limpieza de la excavación antes de hormigonar.	1 por foso	■ Existencia de restos de suciedad.
3.2	Condiciones de vertido del hormigón.	1 por foso	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado.</li> <li>■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.</li> </ul>

FASE	4	Curado del hormigón.	
------	---	----------------------	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Método aplicado, tiempo de curado y protección de superficies.	1 por foso	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**21.03.01 Bastidor metálico con forma octogonal y refuerzos centrales para unión y soporte de losetas triangulares de vidrio, en formación de suelo de cristal del observatorio. Estructura formada por perfil de acero S275JR, laminado en caliente, formado por pieza simple de la serie T 50x50, galvanizado en caliente, sobre la que se dispone una banda de neopreno para recibido de la loseta de vidrio laminado templado. I/p.p. de pletinas metálicas de sujeción y banda elástica para recibido del vidrio. Totalmente instalado.** **37,92 m**

FASE	1		Colocación y fijación provisional de cargaderos.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Entrega del cargadero.	1 por cargadero	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Aplomado y nivelación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Nivelación.	1 por planta	■ Falta de nivelación. ■ Nivelación incorrecta.

**07.18 Zuncho perimetral de hormigón armado para apoyo de estructura de cubierta de madera, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 105 kg/m<sup>3</sup>; montaje y desmontaje del sistema de encofrado de madera.** **2,00 m<sup>3</sup>**

FASE	1		Replanteo.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Distancia vertical entre los trazos de nivel de dos plantas consecutivas.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Fuera de las tolerancias entre ejes reales y de replanteo.
1.2	Diferencia entre trazos de nivel de la misma planta.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Fuera de las tolerancias entre ejes reales y de replanteo.
1.3	Replanteo de ejes.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Fuera de las tolerancias entre ejes reales y de replanteo.

FASE	2	Montaje del sistema de encofrado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Planeidad de los tableros.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Variaciones superiores a ±5 mm/m.
2.2	Resistencia y rigidez.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Falta de rigidez y resistencia para soportar sin asientos ni deformaciones perjudiciales las acciones producidas por el hormigonado de la pieza.
2.3	Limpieza.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Presencia de restos en las superficies interiores del encofrado.
2.4	Estanqueidad.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Falta de estanqueidad para impedir pérdidas apreciables de lechada, dado el modo de compactación previsto.
2.5	Disposición y características del sistema de apuntalamiento.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	3	Colocación de las armaduras con separadores homologados.	
------	---	--	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Disposición de las armaduras.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.2	Separación entre armaduras y separación entre estribos.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.3	Disposición y longitud de empalmes, solapes y anclajes.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.4	Separadores y recubrimientos.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	4	Vertido y compactación del hormigón.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1		Limpieza y regado de las superficies antes del vertido del hormigón.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Existencia de restos o elementos adheridos a la superficie encofrante que puedan afectar a las características del hormigón.
4.2		Condiciones de vertido del hormigón.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.

FASE	5	Curado del hormigón.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1		Método aplicado, tiempo de curado y protección de superficies.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	6	Desmontaje del sistema de encofrado.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1		Periodo mínimo de desmontaje del sistema de encofrado en función de la edad, resistencia y condiciones de curado.	1 por fase de hormigonado	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
6.2		Aspecto superficial del hormigón endurecido.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Presencia en su superficie de fisuras o coqueas con afloramiento de áridos o armaduras.
6.3		Flechas y contraflechas.	1 cada 250 m <sup>2</sup> de planta	■ Fuera de los márgenes de tolerancia especificados en el proyecto.

**07.01 Pilar de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 15x15 a 30x30 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-32 h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.** **3,43 m<sup>3</sup>**

FASE	1	Replanteo y marcado de ejes, en los puntos de apoyo de los pilares.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1		Distancia entre ejes en el replanteo, en cada planta.	1 cada 10 pilares	■ Variaciones superiores a ±20 mm.

FASE	2	Colocación y fijación provisional del pilar.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1		Separación a superficies contiguas.	1 cada 10 pilares	■ Inferior a 1,5 cm.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	3	Aplomado y nivelación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Nivelación.	1 cada 10 pilares	■ Variaciones superiores a $\pm 20$ mm.

FASE	4	Comprobación final del aplomado y de los niveles.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Combadura medida en el punto medio del pilar.	1 cada 10 pilares	■ Superior a 1/500 de la altura del pilar.

07.02	Viga de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 20x25 a 30x35 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-32h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.	13,31 m <sup>3</sup>
07.03	Brochal de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 10x15 a 20x25 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-32h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.	2,69 m <sup>3</sup>
07.04	Zuncho perimetral con rebajes para formación de suelo de vidrio, de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 20x25 a 30x55 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-32h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.	0,87 m <sup>3</sup>
07.05	Refuerzo en cruz para suelo de vidrio, de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 20x25 a 30x35 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-32h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.	0,30 m <sup>3</sup>
07.06	Vigueta de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 10x20 a 12x25 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-24h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.	9,30 m <sup>3</sup>
07.08	Par perteneciente a cercha de cubierta, de madera aserrada de roble (C 30 Clase resistente), de 15x20 a 25x30 cm de sección y hasta 6 m de longitud, calidad estructural MEG, clase resistente C-30, protección de la madera con clase de penetración NP2, trabajada en taller.	2,35 m <sup>3</sup>
07.09	Tirante de madera aserrada de roble (C 30 Clase resistente), de 10x15 a 20x25 cm de sección y hasta 6 m de longitud, calidad estructural MEG, clase resistente C-30, protección de la madera con clase de penetración NP2, trabajada en taller.	0,93 m <sup>3</sup>
07.10	Pendolón de madera aserrada de roble (C 30 Clase resistente), de 10x10 a 20x20 cm de sección y hasta 6 m de longitud, calidad estructural MEG, clase resistente C-30, protección de la madera con clase de penetración NP2, trabajada en taller.	0,41 m <sup>3</sup>
07.11	Tornapuntas de madera aserrada de roble (C 30 Clase resistente), de 10x10 a 20x20 cm de sección y hasta 6 m de longitud, calidad estructural MEG, clase resistente C-30, protección de la madera con clase de penetración NP2, trabajada en taller.	0,25 m <sup>3</sup>
07.12	Correas de madera aserrada de madera aserrada de roble (C 30 Clase resistente), de 10x10 a 15x15 cm de sección y hasta 6 m de longitud, calidad estructural MEG, clase resistente C-30, protección de la madera con clase de penetración NP2, trabajada en taller.	3,61 m <sup>3</sup>
07.14	Lima de cubierta de madera aserrada de roble (C 30 Clase resistente), de 10x15 a 20x25 cm de sección y hasta 7,5 m de longitud, calidad estructural MEG, clase resistente C-30, protección de la madera con clase de penetración NP2, trabajada en taller.	1,90 m <sup>3</sup>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**21.02.01 Pares y refuerzos de madera laminada encolada homogénea de 150 x 150 mm de escuadría para estructura de cubierta de observatorio, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 10x20 a 12x25 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-24h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.** **1,02 m<sup>3</sup>**

**21.02.02 Zuncho perimetral con rebajes para unión de cubierta con módulo portante tipo 2, de madera laminada encolada homogénea, de 33 ó 45 mm de espesor de las láminas y sección constante, de 10x20 a 12x25 cm de sección y hasta 5 m de longitud, clase resistente GL-24h y protección de la madera con clase de penetración NP1 y NP2, trabajada en taller.** **0,59 m<sup>3</sup>**

FASE	1			Replanteo y marcado de ejes, en los puntos de apoyo de las vigas.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Luz del vano.	1 cada 10 vigas	■ Variaciones superiores a ±20 mm.	

FASE	2	Colocación y fijación provisional de la viga.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Separación a superficies contiguas.	1 cada 10 vigas	■ Inferior a 1,5 cm.	

FASE	3	Aplomado y nivelación.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Nivelación.	1 cada 10 vigas	■ Variaciones superiores a ±20 mm.	

FASE	4	Comprobación final del aplomado y de los niveles.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Combadura medida en el punto medio del vano.	1 cada 10 vigas	■ Superior a 1/500 de la longitud del vano.	

**07.17 Apoyo elastomérico laminar rectangular, compuesto por láminas de neopreno, sin armar, de 200x200 mm de sección y 30 mm de espesor, tipo F, para apoyos estructurales elásticos, colocado sobre base de nivelación (no incluida en este precio).** **24,00 Ud**

**07.20 Apoyo elastomérico laminar rectangular en apoyos de entramado portante sobre muro de carga, compuesto por láminas de neopreno, sin armar, de 200x200 mm de sección y 30 mm de espesor, tipo F, para apoyos estructurales elásticos, colocado sobre base de nivelación de mortero de cal asentado en mechinal de muro mediante nudillos (incluido en este precio).** **24,00 Ud**

FASE	1			Replanteo de ejes.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Replanteo.	1 cada 10 unidades	■ Variaciones superiores a ±5 mm.	

**21.03.04 Revestimiento exterior de módulo tipo 1 con chapa metálica, formado por panel exterior de 52,53 m<sup>2</sup> chapa perfilada nervada de zinc de 0,6 mm espesor y 30 mm altura de cresta, aislamiento de manta de lana de vidrio no higroscópica revestida por una de sus caras con un velo de vidrio reforzado, según UNE-EN 13162, de 60 mm de espesor y bandeja soporte interior de bandeja de chapa nervada de acero galvanizado de 0,6 mm espesor.**

FASE	1	Colocación de juntas.		
------	---	-----------------------	--	--

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Ancho de juntas verticales y horizontales.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por planta	■ Inferior a lo especificado en el proyecto.
1.2	Sellado de juntas.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por planta	■ No se ha sellado totalmente el ancho de la junta. ■ Presencia de rebabas o desprendimientos.

FASE	2	Colocación y fijación del resto de paneles, según el orden indicado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Alineación de paneles.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por planta	■ Variaciones superiores a ±2 mm.
2.2	Aplomado de paneles.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por planta	■ Desplome entre dos paneles superior a 0,2 cm/m.
2.3	Sujeción.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por planta	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto. ■ Presencia de elementos metálicos no protegidos contra la oxidación.

**09.01 Carpintería exterior en madera de pino pais para pintar, para puerta practicable de una hoja de 1,00 Ud 111x203 cm.**

**09.02 Carpintería exterior en madera de pino melis para barnizar, para puerta practicable de una hoja de 2,00 Ud 140x300 cm.**

**09.03 Carpintería exterior en madera de roble para pintar, para ventana practicable de dos hojas de 3,00 Ud 111x81 cm, con persiana de madera de roble para barnizar con torno manual.**

**09.04 Carpintería exterior en madera de roble para pintar, para ventana practicable de una hoja de 40x51 2,00 Ud cm, con persiana de madera de roble para barnizar con torno manual.**

**09.05 Carpintería exterior en madera de roble para pintar, para ventana practicable de una hoja de 40x40 2,00 Ud cm, con persiana de madera de roble para barnizar con torno manual.**

**09.06 Carpintería exterior en madera de roble para pintar, para ventana practicable de una hoja de 101x67 2,00 Ud cm, con persiana de madera de roble para barnizar con torno manual.**

**09.07 Carpintería exterior en madera de roble para pintar, para ventana balconera practicable de dos hojas 6,00 Ud de 127x275 cm, con persiana de madera de roble para barnizar con torno manual.**

**09.08 Carpintería exterior, forma de ojo de buey, en madera de roble para pintar, para fijo de una hoja de 1,00 Ud 81x56 cm.**

**09.09 Carpintería exterior, ventana forma de ojo de buey en madera de roble para pintar, para ventana 7,00 Ud practicable de una hoja de 81x56 cm, con persiana de madera de roble para barnizar con torno manual.**

**09.10 Carpintería exterior en madera de roble para pintar, para puerta practicable de dos hojas de 114x226 4,00 Ud cm, con persiana de madera de roble para barnizar con torno manual.**

FASE	1	Relleno con mortero o atornillado de los elementos de fijación del marco.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Número de fijaciones laterales.	1 cada 25 unidades	■ Inferior a 2 en cada lateral.
1.2	Sellado.	1 cada 10 unidades	■ Discontinuidad en la junta de sellado de recibido de la carpintería a obra.
1.3	Aplomado de la carpintería.	1 cada 10 unidades	■ Desplome superior a 0,4 cm/m.
1.4	Enrasado de la carpintería.	1 cada 10 unidades de carpintería	■ Variaciones superiores a ±2 mm.
1.5	Recibido de las patillas.	1 cada 10 unidades	■ Falta de empotramiento. ■ Deficiente llenado de los huecos del paramento con mortero.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	2	Sellado de juntas perimetrales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Sellado.	1 cada 25 unidades	■ Discontinuidad u oquedades en el sellado.

FASE	3	Colocación de accesorios.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Holgura entre la hoja y el pavimento.	1 cada 25 unidades	■ Fuera de los márgenes de tolerancia especificados en el proyecto.
3.2	Número, fijación y colocación de los herrajes.	1 cada 25 unidades	■ Herrajes insuficientes para la correcta fiabilidad y funcionamiento de la carpintería.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Funcionamiento de la carpintería.	
Normativa de aplicación	NTE-FCM. Fachadas: Carpintería de madera

**22.02.02 Barandilla recta en forma de U en itinerario accesible de entrada a vivienda, de 100 cm de 84,66 m altura formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm y montantes de tubo cuadrado de perfil hueco de acero laminado en frío de 20x20x1,5 mm con una separación de 100 cm entre ellos; entrepaño para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de tubo cuadrado de perfil hueco de acero laminado en frío de 20x20x1,5 mm con una separación de 10 cm y pasamanos de tubo cuadrado de perfil hueco de acero laminado en frío de 20x20x1,5 mm, fijada mediante atornillado en obra de fábrica.**

FASE	1	Aplomado y nivelación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Aplomado del conjunto.	1 por planta en cada barandilla diferente	■ Desplome superior a 0,5 cm.
1.2	Altura y aberturas.	1 cada 15 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Resolución de las uniones de la barandilla al paramento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Uniones atornilladas.	1 por planta en cada barandilla diferente	■ No se han apretado suficientemente los tornillos o tuercas.

**08.06 Pilastra prefabricada de hormigón para remate de balaustrada de escalera exterior, de sección 5,00 Ud cuadrada de 25x25x100 cm, con remate en forma de obelisco.**

FASE	1	Replanteo, presentación y montaje en seco de las piezas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**07.14.. Remate ornamental de cubierta, reposición de gárgola prefabricada de hormigón armado, color blanco, recibida con adhesivo cementoso y varilla de hierro dulce, hecha a medida a partir de moldes realizados in situ.**

**1,00 Ud**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	1		
	Colocación, aplomado, nivelación y alineación.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Nivelación.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de nivelación.</li> <li>■ Nivelación incorrecta.</li> </ul>

FASE	2	Sellado de juntas y limpieza.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Sellado.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Discontinuidad u oquedades en el sellado.</li> </ul>

**07.07. Loseta de vidrio laminado templado de seguridad y antideslizante** **3,39 m<sup>2</sup>**

**21.03.02 Loseta triangular hecha a medida con Vidrio laminado, templado, de seguridad y antideslizante, compuesta por intercalario de polivinil butiral de 3 mm de espesor y 2 vidrios templados 12+12 mm. Cantos preparados para unión a bastidor metálico. l/p.p. de anclajes, elementos elásticos, mecanizados y rebajes del vidrio, para la correcta unión de la loseta al marco.**

**21.04.04 Peldaño de vidrio laminado (12+12 mm)** **3,41 m<sup>2</sup>**

FASE	1	Colocación, calzado, montaje y ajuste en la carpintería.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Colocación de calzos.	1 cada 50 acristalamientos y no menos de 1 por planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de algún calzo.</li> <li>■ Colocación incorrecta.</li> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	2	Sellado final de estanqueidad.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Colocación de la silicona.	1 cada 50 acristalamientos y no menos de 1 por planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Existencia de discontinuidades o agrietamientos.</li> <li>■ Falta de adherencia con los elementos del acristalamiento.</li> </ul>

**20.17 Barandilla ornamental con pasamanos, imitación forja de acero, formada por tubo hueco de acero laminado en frío de 90 cm de altura, con bastidor ornamental y montantes y barrotes verticales, para escalera de hasta tres tramos rectos con mesetas intermedias, fijada mediante atornillado en**

FASE	1	Aplomado y nivelación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Aplomado y nivelación.	1 por planta en cada barandilla diferente	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Variaciones superiores a ±5 mm.</li> </ul>
1.2	Altura y composición.	1 cada 15 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	2	Fijación mediante atornillado en obra de fábrica.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Uniones atornilladas.	1 por planta en cada barandilla diferente	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se han apretado suficientemente los tornillos o tuercas.</li> </ul>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**13.01 Puerta de paso corredera para doble tabique con hueco, ciega, de una hoja de 203x82,5x3,5 cm, 10,00 Ud con entablado horizontal de tablas de madera maciza de pino melis, barnizada en taller; precerco de pino país de 120x35 mm; galces macizos, de pino melis de 120x20 mm; tapajuntas macizos, de pino melis de 70x15 mm; con herrajes de colgar y de cierre.**

FASE	1	Colocación de los herrajes de colgar y guías.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Colocación de herrajes.	1 cada 10 unidades	■ Fijación deficiente.	

FASE	2	Colocación de la hoja.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Holgura entre la hoja y el pavimento.	1 cada 10 unidades	■ Separación variable en el recorrido de la hoja.	
2.2	Uniones de los tapajuntas en las esquinas.	1 cada 10 unidades	■ Las piezas no han sido cortadas a 45°.	

FASE	3	Colocación de los herrajes de cierre.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Tipo de herrajes y colocación de los mismos.	1 cada 10 unidades	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Funcionamiento de puertas.	
Normativa de aplicación	NTE-PPM. Particiones: Puertas de madera

**13.02 Puerta de paso ciega, de una hoja de 203x93x3,5 cm, con entablado horizontal de tablas de madera 1,00 Ud maciza de pino melis, barnizada en taller; precerco de pino país de 90x35 mm; galces macizos, de pino melis de 90x20 mm; tapajuntas macizos, de pino melis de 70x15 mm; con herrajes de colgar y de cierre.**

**13.03 Puerta de paso ciega, de una hoja de 203x82,5x3,5 cm, tipo castellana, con cuarterones, con tablero 1,00 Ud de madera maciza de pino melis, barnizada en taller; precerco de pino país de 90x35 mm; galces macizos, de pino melis de 90x20 mm; tapajuntas macizos, de pino melis de 70x15 mm; con herrajes de colgar y de cierre.**

FASE	1	Colocación de los herrajes de colgar.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Número de pernios o bisagras.	1 cada 10 unidades	■ Menos de 3.	
1.2	Colocación de herrajes.	1 cada 10 unidades	■ Fijación deficiente.	

FASE	2	Colocación de la hoja.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Holgura entre la hoja y el cerco.	1 cada 10 unidades	■ Superior a 0,3 cm.	
2.2	Holgura entre la hoja y el pavimento.	1 cada 10 unidades	■ Separación variable en el recorrido de la hoja.	
2.3	Uniones de los tapajuntas en las esquinas.	1 cada 10 unidades	■ Las piezas no han sido cortadas a 45°.	

FASE	3	Colocación de los herrajes de cierre.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Tipo de herrajes y colocación de los mismos.	1 cada 10 unidades	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Funcionamiento de puertas.	
Normativa de aplicación	NTE-PPM. Particiones: Puertas de madera

**13.04 Puerta de paso corredera para doble tabique con hueco, ciega, de una hoja de 203x97x3,5 cm, con entablado horizontal de tablas de madera maciza de pino país de 120x35 mm; galces macizos, de pino melis de 120x20 mm; tapajuntas macizos, de pino melis de 70x15 mm; con herrajes de colgar y de cierre.**

1,00 Ud

**13.05 Puerta de paso corredera para doble tabique con hueco, ciega, de una hoja de 203x100x3,5 cm, con entablado horizontal de tablas de madera maciza de pino melis, barnizada en taller; precerco de pino país de 120x35 mm; galces macizos, de pino melis de 120x20 mm; tapajuntas macizos, de pino melis de 70x15 mm; con herrajes de colgar y de cierre.**

2,00 Ud

**13.06 Puerta de paso corredera para doble tabique con hueco, ciega, de una hoja de 203x130x3,5 cm, con entablado horizontal de tablas de madera maciza de pino melis, barnizada en taller; precerco de pino país de 120x35 mm; galces macizos, de pino melis de 120x20 mm; tapajuntas macizos, de pino melis de 70x15 mm; con herrajes de colgar y de cierre.**

1,00 Ud

FASE	1 Colocación de los herrajes de colgar y guías.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Colocación de herrajes.	1 cada 10 unidades	■ Fijación deficiente.

FASE	2	Colocación de la hoja.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Holgura entre la hoja y el pavimento.	1 cada 10 unidades	■ Separación variable en el recorrido de la hoja.
2.2	Uniones de los tapajuntas en las esquinas.	1 cada 10 unidades	■ Las piezas no han sido cortadas a 45°.

FASE	3	Colocación de los herrajes de cierre.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Tipo de herrajes y colocación de los mismos.	1 cada 10 unidades	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Funcionamiento de puertas.	
Normativa de aplicación	NTE-PPM. Particiones: Puertas de madera

**10.03 Partición interior en baño perteneciente a planta semisótano, de fábrica de bloques huecos de 1,83 m<sup>2</sup> vidrio moldeado, de color, 190x190x80 mm, colocados en seco con perfiles de PVC.**

FASE	1	Replanteo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Replanteo y espesor de la hoja.	1 cada 5 paneles	■ Variaciones superiores a ±20 mm.

FASE	2	Colocación y aplomado de miras de referencia.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Existencia de miras aplomadas.	1 en general	■ Desviaciones en aplomes y alineaciones de miras.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.2	Distancia entre miras.	1 en general	■ Superior a 4 m.
2.3	Colocación de las miras.	1 en general	■ Ausencia de miras en cualquier esquina, hueco, quiebro o mocheta.

FASE	3	Colocación de los bloques por hiladas a nivel.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Planeidad del panel.	1 cada 5 paneles	■ Variaciones superiores a $\pm 4$ mm entre las juntas más salientes.
3.2	Desplome del panel.	1 cada 5 paneles	■ Superior a 1/500 de la altura del panel.

**10.02 Partición interior (separación dentro de una misma unidad de uso), sistema tabique TC-7 282,61 m<sup>2</sup> "PANELSYSTEM", de 70 mm de espesor total, de panel aligerado de yeso reforzado con fibra de vidrio, TC-7 "PANELSYSTEM", de 70 mm de espesor.**

FASE	1	Replanteo y trazado en el forjado inferior y en el superior de los tabiques a realizar.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Replanteo y espesor.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a $\pm 20$ mm.
1.2	Zonas de paso y huecos.	1 por hueco	■ Variaciones superiores a $\pm 20$ mm.

FASE	2	Colocación de los paneles, aplicando con paleta la pasta de yeso sobre el canto con macho y encajando en éste el canto con hembra.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Planeidad.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a $\pm 5$ mm, medidas con regla de 2 m.
2.2	Desplome.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Desplome superior a 1 cm en una planta.
2.3	Holgura entre las placas y el techo.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Inferior a 1 cm.

FASE	3	Refuerzo en los encuentros.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Encuentro con la fachada.	1 por encuentro	■ Inexistencia de banda elástica.

FASE	4	Replanteo de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones, y posterior perforación de los paneles.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Profundidad de las rozas.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Superior a 2 cm.

FASE	5	Recibido de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Sujeción de los elementos.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Sujeción insuficiente.

**10.01 Trasdoso autoportante sobre muro exterior, realizado con placa de yeso laminado, de 15 mm de espesor, con un panel de lana mineral de 12 cm de espesor, Calibel "ISOVER", dimensiones 1200x2600 mm, resistencia térmica 1,55882 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK). 451,14 m<sup>2</sup>**

FASE	1	Replanteo y trazado en el forjado inferior y en el superior de la línea de paramento acabado.
------	---	---

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Replanteo y espesor.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a ±20 mm.
1.2	Zonas de paso y huecos.	1 por hueco	■ Variaciones superiores a ±20 mm.

FASE	2	Colocación sucesiva en el paramento de las pELLADAS de pasta de agarre correspondientes a cada una de las placas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Separación entre pELLADAS.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Superior a 35 cm, horizontal o verticalmente.
2.2	Separación entre pELLADAS situadas en el perímetro de las placas.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Superior a 20 cm.

FASE	3	Colocación sucesiva e independiente de cada una de las placas mediante pañeado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Unión a otros trasdosados.	1 por encuentro	■ Unión no solidaria con otros trasdosados.
3.2	Encuentro con elementos estructurales verticales.	1 por encuentro	■ Encuentro no solidario con elementos estructurales verticales.
3.3	Planeidad.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a ±5 mm, medidas con regla de 1 m. ■ Variaciones superiores a ±20 mm en 10 m.
3.4	Desplome.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Desplome superior a 0,5 cm en una planta.
3.5	Holgura entre las placas y el pavimento.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Inferior a 1 cm. ■ Superior a 1,5 cm.
3.6	Remate superior del tabique.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ No se ha rellenado la junta.
3.7	Disposición de las placas en los huecos.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.
3.8	Separación entre juntas de dilatación.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Superior a 11 m. ■ No coincidencia con las juntas de dilatación de la propia estructura.
3.9	Separación entre placas contiguas.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Superior a 0,3 cm.

FASE	4	Replanteo de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones, y posterior perforación de las placas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Perforaciones.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

FASE	5	Tratamiento de las juntas entre placas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Cinta de juntas.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Ausencia de cinta de juntas. ■ Falta de continuidad.
5.2	Aristas vivas en las esquinas de las placas.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Ausencia de tratamiento. ■ Tratamiento inadecuado para el revestimiento posterior.

FASE	6	Recibido de las cajas para alojamiento de mecanismos eléctricos y de paso de instalaciones.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Sujeción de los elementos.	1 cada 50 m <sup>2</sup>	■ Sujeción insuficiente.

**10.04 Ayudas de albañilería en edificio de vivienda unifamiliar, para instalación de gas. 90,00 m<sup>2</sup>**

**10.05 Ayudas de albañilería en edificio de vivienda unifamiliar, para instalación de fontanería. 290,90 m<sup>2</sup>**

FASE	1	Sellado de agujeros y huecos de paso de instalaciones.	
------	---	--	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Sellado.	1 en general	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Existencia de discontinuidades o agrietamientos.</li> <li>■ Falta de adherencia.</li> </ul>

**20.13 Chimenea de hogar cerrado a leña, potencia 10,5 kW, acabado gris satinado.**

**2,00 Ud**

FASE	1	Replanteo de la chimenea.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	2	Presentación de los elementos.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Número y tipo.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>

FASE	3	Montaje de la chimenea y sus accesorios.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Distancia a otros elementos e instalaciones.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>
3.2	Accesorios.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de algún accesorio necesario para su correcto funcionamiento.</li> </ul>

FASE	3	Montaje de la caldera y sus accesorios.	
FASE	4	Conexión al conducto de evacuación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Elementos de conexión.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Dimensiones inadecuadas.</li> </ul>
4.2	Conexiones.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conexión defectuosa.</li> <li>■ Falta de estanqueidad.</li> </ul>

**16.01.02 Caldera mural a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea, cámara de combustión abierta y 1,00 Ud tiro natural, potencia modulante de 7 a 23,6 kW, caudal específico de A.C.S. según UNE-EN 625 de 11,8 l/min, dimensiones 700x400x298 mm, selector de temperatura de A.C.S. de 40°C a 60°C, con programador encastrable en el frontal de la caldera, para programación semanal.**

FASE	1	Replanteo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	2	Presentación de los elementos.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Número y tipo.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Distancia a otros elementos e instalaciones.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>
3.2	Accesorios.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de algún accesorio necesario para su correcto funcionamiento.</li> </ul>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	4	Conexión con las redes de conducción de agua, de gas, de salubridad y eléctrica, y con el conducto de evacuación de los productos de la combustión.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Conexión hidráulica.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conexión defectuosa.</li> <li>■ Falta de estanqueidad.</li> </ul>
4.2	Conexión de los cables.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de sujeción o de continuidad.</li> </ul>
4.3	Conexión del conducto de evacuación de los productos de la combustión.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transmite esfuerzos a la caldera.</li> </ul>

**16.01.01 Electrobomba centrífuga de tres velocidades, con una potencia de 0,071 kW.**

**1,00 Ud**

FASE	1	Colocación de la bomba de circulación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>
1.2	Colocación.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de elementos antivibratorios.</li> <li>■ Falta de nivelación.</li> <li>■ Separación entre grupos inferior a 50 cm.</li> </ul>

FASE	2	Conexión a la red de distribución.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Conexiones.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conexiones defectuosas de elementos como manómetros, llaves de compuerta, manguitos antivibratorios y válvula de retención.</li> </ul>

**16.01.03 Punto de llenado formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, para climatización, colocado superficialmente, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.**

**16.01.04 Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno 15,44 m reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVOH), de 20 mm de diámetro exterior y 1,9 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.**

**16.01.05 Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno 18,12 m reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVOH), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.**

**16.01.06 Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno 10,07 m reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno (EVOH), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.**

FASE	1	Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Separación entre tuberías.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 25 cm.</li> </ul>
1.2	Distancia a conductores eléctricos.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 30 cm.</li> </ul>

FASE	2	Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Colocación de la tubería.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diámetro distinto del especificado en el proyecto.</li> <li>■ Elementos de fijación en contacto directo con el tubo.</li> <li>■ Uniones sin elementos de estanqueidad.</li> </ul>
2.2	Separación entre elementos de fijación.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Superior a 2 m.</li> </ul>
2.3	Pasos a través de elementos constructivos.	1 cada 30 m de tubería	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de pasatubos.</li> <li>■ Holguras sin relleno de material elástico.</li> </ul>
2.4	Situación de válvulas, filtro y contador.	1 cada 30 m de tubería	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	3	Colocación del aislamiento.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1		Calorifugado de la tubería.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Espesor de la coquilla inferior a lo especificado en el proyecto.</li> <li>■ Distancia entre tubos o al paramento inferior a 2 cm.</li> </ul>

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CTE. DB HS Salubridad</li> <li>■ UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano</li> </ul>

**16.01.07 Punto de vaciado formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de 3,00 Ud oxígeno (EVOH), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, serie 5, PN=6 atm, para climatización, colocado superficialmente.**

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Separación entre tuberías.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 25 cm.</li> </ul>
1.2	Distancia a conductores eléctricos.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 30 cm.</li> </ul>

FASE	2	Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1		Colocación de la tubería.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diámetro distinto del especificado en el proyecto.</li> <li>■ Elementos de fijación en contacto directo con el tubo.</li> <li>■ Uniones sin elementos de estanqueidad.</li> </ul>
2.2		Separación entre elementos de fijación.	1 cada 30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Superior a 2 m.</li> </ul>
2.3		Pasos a través de elementos constructivos.	1 cada 30 m de tubería	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de pasatubos.</li> <li>■ Holguras sin relleno de material elástico.</li> </ul>
2.4		Situación de la válvula.	1 cada 30 m de tubería	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.
--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Normativa de aplicación		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CTE. DB HS Salubridad</li> <li>■ UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano</li> </ul>	
FASE	1	Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales.	

**16.01.08 Válvula de 3 vías de 1/2", mezcladora, con actuador de 220 V.**

**1,00 Ud**

FASE	1	Colocación de la válvula.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1		Colocación de la válvula.	1 por unidad
			Criterios de rechazo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> <li>■ Uniones roscadas sin elemento de estanqueidad.</li> </ul>

FASE	2	Conexión de la válvula a los tubos.	
		Verificaciones	Nº de controles
2.1		Uniones.	1 por unidad
			Criterios de rechazo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Uniones defectuosas o sin elemento de estanqueidad.</li> </ul>

**16.01.09 Purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón.**

**2,00 Ud**

FASE	1	Replanteo.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1		Situación.	1 cada 10 unidades
			Criterios de rechazo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Difícilmente accesible.</li> </ul>

FASE	2	Colocación del purgador.	
		Verificaciones	Nº de controles
2.1		Uniones.	1 cada 10 unidades
			Criterios de rechazo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> <li>■ Uniones roscadas sin elemento de estanqueidad.</li> </ul>

**17.01 Circuito primario de sistemas solares térmicos formado por tubo de cobre rígido, de 13/15 mm de 20,95 m diámetro, colocado superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con pintura protectora para aislamiento de color blanco.**

FASE	1	Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1		Separación entre tuberías.	1 cada 30 m
1.2		Distancia a conductores eléctricos.	1 cada 30 m
			Criterios de rechazo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 25 cm.</li> <li>■ Inferior a 30 cm.</li> </ul>

FASE	2	Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales.	
		Verificaciones	Nº de controles
2.1		Colocación de la tubería.	1 cada 30 m
2.2		Separación entre elementos de fijación.	1 cada 30 m
2.3		Pendiente.	1 cada 30 m
			Criterios de rechazo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diámetro distinto del especificado en el proyecto.</li> <li>■ Elementos de fijación en contacto directo con el tubo.</li> <li>■ Uniones sin elementos de estanqueidad.</li> <li>■ Superior a 2 m.</li> <li>■ Inferior al 0,2%.</li> </ul>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.4	Purgadores de aire.	1 cada 30 m	■ Ausencia de purgadores de aire en los puntos altos de la instalación.
2.5	Alineaciones.	1 cada 30 m	■ Desviaciones superiores al 2‰.
2.6	Pasos a través de elementos constructivos.	1 cada 30 m de tubería	■ Ausencia de pasatubos. ■ Holguras sin relleno de material elástico.

FASE	3	Colocación del aislamiento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Calorifugado de la tubería.	1 cada 30 m	■ Espesor de la coquilla inferior a lo especificado en el proyecto. ■ Distancia entre tubos o al paramento inferior a 2 cm.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**17.02 Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polipropileno copolímero random (PP-R), de 3,07 m 32 mm de diámetro exterior, PN=10 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante espuma elastomérica.**

FASE	1	Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Separación entre tuberías.	1 cada 30 m	■ Inferior a 25 cm.
1.2	Distancia a conductores eléctricos.	1 cada 30 m	■ Inferior a 30 cm.

FASE	2	Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Colocación de la tubería.	1 cada 30 m	■ Diámetro distinto del especificado en el proyecto. ■ Elementos de fijación en contacto directo con el tubo. ■ Uniones sin elementos de estanqueidad.
2.2	Separación entre elementos de fijación.	1 cada 30 m	■ Superior a 2 m.
2.3	Pendiente.	1 cada 30 m	■ Inferior al 0,2‰.
2.4	Purgadores de aire.	1 cada 30 m	■ Ausencia de purgadores de aire en los puntos altos de la instalación.
2.5	Alineaciones.	1 cada 30 m	■ Desviaciones superiores al 2‰.
2.6	Pasos a través de elementos constructivos.	1 cada 30 m de tubería	■ Ausencia de pasatubos. ■ Holguras sin relleno de material elástico.

FASE	3	Colocación del aislamiento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Calorifugado de la tubería.	1 cada 30 m	■ Espesor de la coquilla inferior a lo especificado en el proyecto. ■ Distancia entre tubos o al paramento inferior a 2 cm.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
--	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Normativa de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CTE. DB HS Salubridad</li> <li>■ UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano</li> </ul>
-------------------------	---

**17.03 Kit solar para conexión de calentador de agua a gas a interacumulador de A.C.S. solar. 1,00 Ud**

FASE	1	Colocación de la válvula.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Colocación de la válvula.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> <li>■ Uniones roscadas sin elemento de estanqueidad.</li> </ul>

FASE	2	Conexión de la válvula a los tubos.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Uniones.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Uniones defectuosas o sin elemento de estanqueidad.</li> </ul>

**16.01.10 Colector modular plástico de 1" de diámetro, para 5 circuitos, con conjunto de accesorios para 1,00 Ud formación de colector modular, racores de conexión de derivaciones a colector, curvatubos de plástico y válvulas de esfera para cierre del circuito del colector.**

**16.01.11 Colector modular plástico de 1" de diámetro, para 7 circuitos, con conjunto de accesorios para 2,00 Ud formación de colector modular, racores de conexión de derivaciones a colector, curvatubos de plástico y válvulas de esfera para cierre del circuito del colector.**

FASE	1	Replanteo del emplazamiento del colector.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Altura respecto a los circuitos a los que alimenta inferior a 70 cm.</li> </ul>

FASE	2	Colocación del colector.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Fijaciones.	1 por instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**16.01.12 Sistema de calefacción por suelo radiante compuesto por banda de espuma de polietileno 11,57 m<sup>2</sup> (PE), de 150x10 mm, panel portatubos aislante de 1450x850 mm y 13 mm de espesor, de poliestireno expandido (EPS), de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad, paso de los tubos múltiplo de 5 cm, tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno, de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, y capa de mortero autonivelante de 5 cm de espesor.**

**16.01.13 Sistema de calefacción por suelo radiante compuesto por banda de espuma de polietileno 6,14 m<sup>2</sup> (PE), de 150x10 mm, panel portatubos aislante de 1450x850 mm y 13 mm de espesor, de poliestireno expandido (EPS), de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad, paso de los tubos múltiplo de 5 cm, tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno, de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, y capa de mortero autonivelante de 5 cm de espesor.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**16.01.14 Sistema de calefacción por suelo radiante compuesto por banda de espuma de polietileno 154,68 m<sup>2</sup> (PE), de 150x10 mm, panel portatubos aislante de 1450x850 mm y 13 mm de espesor, de poliestireno expandido (EPS), de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad, paso de los tubos múltiplo de 5 cm, tubo de polietileno reticulado (PE-X) con barrera de oxígeno, de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor, y capa de mortero autonivelante de 5 cm de espesor.**

FASE	1		
	Preparación y limpieza de la superficie de apoyo.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Nivelación.	1 por instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de nivelación.</li> <li>■ Nivelación incorrecta.</li> </ul>

FASE	2	Fijación del zócalo perimetral.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Colocación.	1 por instalación	■ Falta de continuidad en algún punto del perímetro.

FASE	3	Colocación de los paneles.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Método de montaje.	1 por instalación	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

FASE	4	Replanteo de la tubería.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Situación.	1 por instalación	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Separación entre tuberías.	1 por instalación	■ Superior a 25 cm.
5.2	Longitud de cada circuito.	1 por instalación	■ Superior a 120 m.
5.3	Distribución de circuitos.	1 por instalación	■ Un mismo circuito da servicio a más de una estancia.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**17.04 Captador solar térmico completo, partido, para instalación individual, para colocación sobre 1,00 Ud cubierta plana, compuesto por: un panel de 1160x1930x90 mm, superficie útil total 2,02 m<sup>2</sup>, rendimiento óptico 0,819 y coeficiente de pérdidas primario 4,227 W/m<sup>2</sup>K, según UNE-EN 12975-2, depósito de 200 l, grupo de bombeo individual, centralita solar térmica programable.**

FASE	5	Colocación y fijación de las tuberías.	
------	---	--	--

FASE	1	Replanteo del conjunto.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Colocación de la estructura soporte.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Disposición.	1 por unidad	■ Se producen sombras sobre los captadores solares.

FASE	3	Colocación y fijación de los paneles sobre la estructura soporte.	
------	---	---	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Orientación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.2	Inclinación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	4	Colocación del sistema de acumulación solar.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Dimensiones y características.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	5	Conexionado con la red de conducción de agua.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Conexión hidráulica.	1 por unidad	■ Conexión defectuosa. ■ Falta de estanqueidad.

FASE	6	Llenado del circuito.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Operación de llenado.	1 por unidad	■ Aparición de fugas de fluido. ■ Aparición de bolsas de aire en algún punto del circuito.

**14.02.01 Red de toma de tierra para estructura de hormigón del edificio con 60 m de conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup>.**

**1,00 Ud**

FASE	1		
	Replanteo.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Trazado de la línea y puntos de puesta a tierra.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Conexionado del electrodo y la línea de enlace.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Fijación del borne.	1 por conexión	■ Sujeción insuficiente.
2.2	Tipo y sección del conductor.	1 por conexión	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.3	Conexiones y terminales.	1 por conexión	■ Sujeción insuficiente. ■ Discontinuidad en la conexión.

FASE	3	Montaje del punto de puesta a tierra.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Conexión del punto de puesta a tierra.	1 por conexión	■ Sujeción insuficiente. ■ Discontinuidad en la conexión.
3.2	Número de picas y separación entre ellas.	1 por punto	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.3	Accesibilidad.	1 por punto	■ Difícilmente accesible.

FASE	4	Trazado de la línea principal de tierra.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Tipo y sección del conductor.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.2	Conexión.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sujeción insuficiente.</li> <li>■ Discontinuidad en la conexión.</li> </ul>

FASE	5	Sujeción.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Fijación.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Insuficiente.</li> </ul>

FASE	6	Trazado de derivaciones de tierra.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Tipo y sección del conductor.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	7	Conexión de las derivaciones.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Conexión.	1 por conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sujeción insuficiente.</li> <li>■ Discontinuidad en la conexión.</li> </ul>

FASE	8	Conexión a masa de la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
8.1	Conexión.	1 por conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sujeción insuficiente.</li> <li>■ Discontinuidad en la conexión.</li> </ul>

#### PRUEBAS DE SERVICIO

Prueba de medida de la resistencia de puesta a tierra.	
Normativa de aplicación	GUÍA-BT-ANEXO 4. Verificación de las instalaciones eléctricas

**14.02.03 Canalización fija en superficie de de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro. 115,29 m**

**14.02.04 Canalización fija en superficie de de PVC, serie B, de 50 mm de diámetro. 16,74 m**

FASE	1	Replanteo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por canalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Proximidad a elementos generadores de calor o vibraciones.</li> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	2	Colocación y fijación del tubo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Tipo de tubo.	1 por canalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>
2.2	Diámetro y fijación.	1 por canalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

**14.02.05 Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, con grado de protección IP 545.**

**42,45 m**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**14.02.06 Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable 1.235,69 m de PVC, corrugado, de color negro, de 20 mm de diámetro nominal, con grado de protección IP 545.**

**14.02.07 Canalización empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de tubo curvable 4,19 m de PVC, corrugado, de color negro, de 25 mm de diámetro nominal, con grado de protección IP 545.**

FASE	1		
	Replanteo.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por canalización	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Colocación y fijación del tubo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Tipo de tubo.	1 por canalización	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.2	Diámetro y fijación.	1 por canalización	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.3	Trazado de las rozas.	1 por canalización	■ Dimensiones insuficientes.

**14.02.08 Cable multipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G10 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de poliolefina termoplástica libre de halógenos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.**

16,74 m

**14.02.09 Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V.**

522,42 m

**14.02.10 Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V.**

4.248,39 m

**14.02.11 Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 4 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V.**

88,92 m

**14.02.12 Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 6 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V.**

12,57 m

FASE	1		Tendido del cable.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Sección de los conductores.	1 por cable	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Colores utilizados.	1 por cable	■ No se han utilizado los colores reglamentarios.

FASE	2	Conexionado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Conexionado.	1 por circuito de alimentación	■ Falta de sujeción o de continuidad. ■ Secciones insuficientes para las intensidades de arranque.

**14.02.13 Caja de protección y medida CPM1-S2, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador 1,00 Ud monofásico, instalada en el interior de hornacina mural, en vivienda unifamiliar o local.**

FASE	1	Replanteo de la situación de los conductos y anclajes de la caja.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Dimensiones de la hornacina.	1 por unidad	■ Insuficientes.
1.3	Situación de las canalizaciones de entrada y salida.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.4	Número y situación de las fijaciones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Fijación.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Puntos de fijación.	1 por unidad	■ Sujeción insuficiente.	

FASE	3	Colocación de tubos y piezas especiales.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Conductores de entrada y de salida.	1 por unidad	■ Tipo incorrecto o disposición inadecuada.	

FASE	4	Conexionado.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Conexión de los cables.	1 por unidad	■ Falta de sujeción o de continuidad.	

**15.01.01. Acometida enterrada de abastecimiento de agua potable de 0,57 m de longitud, formada por tubo de polietileno PE 100, de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 2,3 mm de espesor y llave de corte alojada en arqueta prefabricada de polipropileno.**

**1,00 Ud**

FASE	1		Replanteo y trazado de la acometida, coordinado con el resto de instalaciones o elementos que puedan tener interferencias.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ La tubería no se ha colocado por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones. ■ Distancia inferior a 30 cm a otras instalaciones paralelas.
1.2	Dimensiones y trazado de la zanja.	1 por zanja	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 por unidad	■ No se han respetado.

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Limpieza y planeidad.	1 por unidad	■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.	

FASE	3	Vertido y compactación del hormigón en formación de solera.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Condiciones de vertido del hormigón.	1 por solera	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado.</li> <li>■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.</li> </ul>
3.2	Espesor.	1 por solera	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 15 cm.</li> </ul>

FASE	4	Colocación de la arqueta prefabricada.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1		Disposición, tipo y dimensiones.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	5	Vertido de la arena en el fondo de la zanja.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1		Espesor.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 15 cm.</li> </ul>
5.2		Humedad y compacidad.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	6	Colocación de la tubería.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1		Tipo, situación y dimensión.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>
6.2		Colocación del manguito pasamuros.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de pasatubos rejuntado e impermeabilizado.</li> </ul>
6.3		Alineación.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Desviaciones superiores al 2‰.</li> </ul>

FASE	7	Montaje de la llave de corte.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1		Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>
7.2		Conexiones.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entrega de tubos insuficiente.</li> <li>■ Apriete insuficiente.</li> <li>■ Sellado defectuoso.</li> </ul>

FASE	8	Empalme de la acometida con la red general del municipio.		
		Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
8.1		Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>
8.2		Conexiones de los tubos y sellado.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entrega de tubos insuficiente.</li> <li>■ Fijación defectuosa.</li> <li>■ Falta de hermeticidad.</li> </ul>

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CTE. DB HS Salubridad</li> <li>■ UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano</li> </ul>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**15.01.02 Alimentación de agua potable, de 8,52 m de longitud, enterrada, formada por tubo de acero 1,00 Ud galvanizado estirado sin soldadura, de 1" DN 25 mm de diámetro.**

FASE	1	Replanteo y trazado.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.2	Dimensiones y trazado de la zanja.	1 por zanja	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 por unidad	■ No se han respetado.	

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Limpieza y planeidad.	1 por unidad	■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.	

FASE	3	Vertido de la arena en el fondo de la zanja.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Espesor de la capa.	1 por unidad	■ Inferior a 10 cm.	
3.2	Humedad y compacidad.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

FASE	4	Colocación de la cinta anticorrosiva en la tubería.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Disposición y tipo.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
4.2	Fijación y continuidad.	1 por unidad	■ Elementos sin protección o falta de adherencia.	

FASE	5	Colocación de la tubería.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
5.1	Tipo, situación y dimensión.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
5.2	Colocación del manguito pasamuros.	1 por unidad	■ Ausencia de pasatubos rejuntado e impermeabilizado.	

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**15.01.03 Preinstalación de contador general de agua de 1" DN 25 mm, colocado en hornacina, con llave de corte general de compuerta. 1,00 Ud**

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Dimensiones y trazado del soporte.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 por unidad	■ No se han respetado.
-----	---	--------------	------------------------

FASE	2	Colocación y fijación de accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.2	Colocación de elementos.	1 por unidad	■ Posicionamiento deficiente.

**22.04.03 Grupo de presión para aprovechamiento de aguas pluviales, con bomba centrífuga multi 1,00 Ud etapas, de acero inoxidable, autoaspirante, alimentación monofásica 230V/50Hz, caudal máximo 5 m³/h, altura máxima de impulsión 42 m, altura máxima de aspiración 8 m, presión máxima de trabajo 8 bar, potencia nominal del motor de 0,55 kW, protección IP 42, aislamiento clase F.**

FASE	1	Replanteo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Difícilmente accesible.
1.2	Dimensiones y trazado del soporte.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 por unidad	■ No se han respetado.

FASE	2	Colocación y fijación del grupo de presión.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Aplomado y nivelación.	1 por unidad	■ Falta de aplomado o nivelación deficiente.
2.2	Fijaciones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.3	Amortiguadores.	1 por unidad	■ Ausencia de amortiguadores.

FASE	3	Colocación y fijación de tuberías y accesorios.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.2	Conexiones.	1 por unidad	■ Falta de hermeticidad. ■ Falta de resistencia a la tracción.

**15.01.04 Tubería para instalación interior de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo 121,24 m de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 16 mm de diámetro exterior, PN=6 atm.**

**15.01.05 Tubería para instalación interior de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo 146,98 m de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 20 mm de diámetro exterior, PN=6 atm.**

**15.01.06 Tubería para instalación interior de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo 29,85 m de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 25 mm de diámetro exterior, PN=6 atm.**

**15.01.07 Tubería para instalación interior de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo 2,50 m de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 32 mm de diámetro exterior, PN=6 atm.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	1	Replanteo y trazado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Dimensiones y trazado.	1 cada 10 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ El trazado no se ha realizado exclusivamente con tramos horizontales y verticales.</li> <li>■ La tubería no se ha colocado por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones.</li> <li>■ Distancia inferior a 30 cm a otras instalaciones paralelas.</li> <li>■ La tubería de agua caliente se ha colocado por debajo de la tubería de agua fría, en un mismo plano vertical.</li> <li>■ Distancia entre tuberías de agua fría y de agua caliente inferior a 4 cm.</li> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>
1.2	Alineaciones.	1 cada 10 m	■ Desviaciones superiores al 2‰.
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 cada 10 m	■ No se han respetado.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Diámetros y materiales.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.2	Número y tipo de soportes.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.3	Separación entre soportes.	1 cada 10 m	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.
2.4	Uniones y juntas.	1 cada 10 m	■ Falta de resistencia a la tracción.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CTE. DB HS Salubridad</li> <li>■ UNE-ENV 12108. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano</li> </ul>

**15.01.08 Válvula de asiento de latón, de 3/4" de diámetro, con maneta y embellecedor de acero 12,00 Ud inoxidable.**

**15.01.09 Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/4". 1,00 Ud**

FASE	1	Replanteo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 cada 10 llaves	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Variaciones superiores a ±30 mm.</li> <li>■ Dificilmente accesible.</li> </ul>

FASE	2	Conexión de la válvula a los tubos.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Uniones.	1 cada 10 llaves	■ Uniones defectuosas o sin elemento de estanqueidad.

**18.01 Acometida interior de gas, D=32 mm de polietileno de alta densidad SDR 11 de 46,38 m de 1,00 Ud longitud, con llave de edificio vista formada por válvula de compuerta de latón fundido.**

FASE	1	Replanteo y trazado.	
------	---	----------------------	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Dimensiones y trazado de la zanja.	1 por zanja	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 por unidad	■ No se han respetado.

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Limpieza y planeidad.	1 por unidad	■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.

FASE	3	Presentación en seco de tubos y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Número, tipo y dimensiones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Espesor de la capa.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
4.2	Humedad y compacidad.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	5	Colocación de tuberías.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Tipo, situación y dimensión.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
5.2	Colocación del manguito pasamuros.	1 por unidad	■ Ausencia de pasatubos rejuntado e impermeabilizado.

FASE	6	Montaje de la llave.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
6.2	Conexiones.	1 por unidad	■ Entrega de tubos insuficiente. ■ Apriete insuficiente. ■ Sellado defectuoso.
6.3	Colocación y precintado de la llave.	1 por unidad	■ Llave de corte difícilmente accesible.

FASE	7	Montaje de la instalación empezando por el extremo de cabecera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
7.2	Uniones y juntas.	1 por unidad	■ Falta de resistencia a la tracción.

#### PRUEBAS DE SERVICIO

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	UNE 60670-8. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 8: Pruebas de estanqueidad para la entrega de la instalación receptora

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**18.06 Acometida de gas, D=32 mm de polietileno de alta densidad SDR 11 de 1 m de longitud, con llave de acometida formada por válvula de esfera de latón niquelado de 1 1/4" alojada en arqueta prefabricada de polipropileno.** **1,00 Ud**

FASE	4	Vertido de la arena en el fondo de la zanja.
------	---	--

FASE	1	Replanteo y trazado de la acometida en planta y pendientes, coordinado con el resto de instalaciones o elementos que puedan tener interferencias.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Dimensiones y trazado de la zanja.	1 por zanja	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 por unidad	■ No se han respetado.

FASE	2	Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Limpieza y planeidad.	1 por unidad	■ Falta de planeidad o presencia de irregularidades en el plano de apoyo.

FASE	3	Vertido y compactación del hormigón en formación de solera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Espesor.	1 por unidad	■ Inferior a 15 cm.
3.2	Condiciones de vertido del hormigón.	1 por unidad	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.

FASE	4	Colocación de la arqueta prefabricada.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Situación.	1 por unidad	■ Inaccesibilidad, tanto de la propia arqueta como de la llave general de acometida.
4.2	Dimensiones.	1 por unidad	■ Variaciones superiores a ±20 mm.

FASE	5	Formación de agujeros para conexionado de tubos.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Disposición, número y dimensiones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	6	Empalme y rejuntado de los tubos a la arqueta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Disposición y diámetro de los tubos.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
6.2	Conexiones.	1 por empalme	■ Entrega de tubos insuficiente.
6.3	Sellado.	1 por empalme	■ Sellado discontinuo o rígido. ■ Falta de adherencia.

FASE	7	Colocación de la tapa y los accesorios.	
------	---	---	--

**Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.**  
**Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso**

**Autor: Silvia Sartal García.**

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Características de la tapa de registro.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
7.2	Rasante de la tapa con el pavimento.	1 por unidad	■ Variaciones superiores a $\pm 5$ mm.

FASE	8	Presentación en seco de tuberías y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
8.1	Número, tipo y dimensiones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	9	Vertido de la arena en el fondo de la zanja.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
9.1	Espesor.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
9.2	Humedad y compacidad.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	10	Colocación de tuberías.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
10.1	Tipo y dimensiones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
10.2	Colocación del manguito pasamuros.	1 por unidad	■ Ausencia de pasatubos rejuntable e impermeabilizado.
10.3	Situación.	1 por unidad	■ Distancia al pavimento inferior a 50 cm. ■ Distancia inferior a 30 cm a otras instalaciones paralelas.

FASE	11	Montaje de la llave de acometida.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
11.1	Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
11.2	Conexiones.	1 por unidad	■ Entrega de tubos insuficiente. ■ Apriete insuficiente. ■ Sellado defectuoso.
11.3	Colocación y precintado de la llave.	1 por unidad	■ Llave de corte difícilmente accesible.

FASE	12	Empalme de la acometida con la red de distribución de gas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
12.1	Tipo, situación y diámetro.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

#### PRUEBAS DE SERVICIO

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	UNE 60311. Canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión máxima de operación hasta 5 bar

**18.02 Tubería para montante individual de gas, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre 0,76 m estirado en frío sin soldadura, diámetro D=20/22 mm, con dos manos de esmalte y vaina metálica.**

FASE	1	Replanteo y trazado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Dimensiones y trazado.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 cada 10 m	■ No se han respetado.

FASE	2	Raspado y limpieza.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Limpieza.	1 cada 10 m	■ Existencia de restos de suciedad u óxidos adheridos a la tubería.

FASE	3	Colocación de la vaina.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Colocación, tipo y características.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.2	Continuidad y fijación.	1 cada 10 m	■ Discontinuidad en el trazado. ■ Ausencia de fijaciones.

FASE	4	Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Tipo y dimensiones.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
4.2	Situación.	1 cada 10 m	■ Tuberías difícilmente accesibles en toda su longitud. ■ Tuberías empotradas.
4.3	Fijaciones.	1 cada 10 m	■ Distancia entre grapas de fijación de los montantes superior a 2 m.
4.4	Uniones.	1 cada 10 m	■ Uniones desmontables.
4.5	Distancia a muros.	1 cada 10 m	■ Inferior a 2 cm.
4.6	Distancia a otras instalaciones.	1 cada 10 m	■ Inferior a 1 cm en cruces con otras instalaciones. ■ Inferior a 3 cm a otras instalaciones paralelas.

#### PRUEBAS DE SERVICIO

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	UNE 60670-8. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 8: Pruebas de estanqueidad para la entrega de la instalación receptora

#### 18.05 Tubería para instalación interior de gas, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=20/22 mm.

**1,97 m**

FASE	1	Replanteo del recorrido de las tuberías.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Dimensiones y trazado.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 cada 10 m	■ No se han respetado.

FASE	2	Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Tipo y dimensiones.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.2	Situación.	1 cada 10 m	■ Tuberías difícilmente accesibles en toda su longitud. ■ Tuberías empotradas.
2.3	Uniones.	1 cada 10 m	■ Uniones desmontables.
2.4	Distancia al suelo.	1 cada 10 m	■ Inferior a 3 cm.
2.5	Distancia a muros.	1 cada 10 m	■ Inferior a 2 cm.
2.6	Distancia a otras instalaciones.	1 cada 10 m	■ Inferior a 1 cm en cruces con otras instalaciones. ■ Inferior a 3 cm a otras instalaciones paralelas.

#### PRUEBAS DE SERVICIO

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	UNE 60670-8. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 8: Pruebas de estanqueidad para la entrega de la instalación receptora

#### 18.04 Llave de esfera de latón con maneta, pata y bloqueo, con rosca cilíndrica GAS macho- 1,00 Ud macho de 1/2" de diámetro, PN=5 bar.

FASE	1		Replanteo.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 cada 10 unidades	■ Variaciones superiores a $\pm 30$ mm. ■ Difícilmente accesible.

FASE	2	Conexión de la válvula a los tubos.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Limpieza del interior de los tubos.	1 cada 10 unidades	■ Existencia de restos de suciedad.
2.2	Uniones.	1 cada 10 unidades	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto. ■ Uniones roscadas sin elemento de estanqueidad.

#### 14.03.01 Luminaria de techo de altura reducida, de 650x650x77 mm, para 4 lámparas fluorescentes T5 7,00 Ud de 24 W.

#### 14.03.02 Aplique de pared, de 402x130x400 mm, para 1 lámpara fluorescente TC-L de 24 W. 50,00 Ud

#### 14.03.03 Luminaria para empotrar en pared, de 296x296 mm, para 1 lámpara incandescente A 60 de 60 3,00 Ud W.

FASE	1	Replanteo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación.	1 cada 10 unidades	■ Variaciones superiores a $\pm 20$ mm.

FASE	2	Montaje, fijación y nivelación.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Fijación.	1 cada 10 unidades	■ Fijación deficiente.

FASE	3	Conexionado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Conexiones de cables.	1 cada 10 unidades	■ Conexiones defectuosas a la red de alimentación eléctrica. ■ Conexiones defectuosas a la línea de tierra.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	4	Colocación de lámparas y accesorios.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Número de lámparas.	1 cada 10 unidades	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

**05.01 Bajante interior de la red de evacuación de aguas residuales, formada por tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo. 44,26 m**

**05.02 Bajante interior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo. 52,16 m**

FASE	1			Replanteo y trazado de la bajante.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Situación.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.2	Dimensiones, aplomado y trazado.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 cada 10 m	■ No se han respetado.	

FASE	2	Presentación en seco de tubos, accesorios y piezas especiales.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Número, tipo y dimensiones.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

FASE	3	Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Número y tipo de soportes.	1 cada 10 m	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.	
3.2	Separación entre soportes.	1 cada 10 m	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.	
3.3	Tipo, material, situación y diámetro.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
3.4	Uniones y juntas.	1 cada 10 m	■ Falta de resistencia a la tracción.	

FASE	4	Limpieza de la zona a unir con el líquido limpiador, aplicación del adhesivo y encaje de piezas.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Limpieza.	1 cada 10 m	■ Existencia de restos de suciedad.	
4.2	Estanqueidad.	1 cada 10 m	■ Falta de estanqueidad.	

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**05.03 Terminal de ventilación de PVC, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo. 3,00 Ud**

FASE	1			Replanteo.
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	2	Presentación en seco.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Número, tipo y dimensiones.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	3	Limpieza de la zona a unir con el líquido limpiador, aplicación del adhesivo y encaje de piezas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Limpieza.	1 por unidad	■ Existencia de restos de suciedad.

**05.04 Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro, 9,75 m unión pegada con adhesivo.**

**05.05 Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, de 40 mm de diámetro, 17,83 m unión pegada con adhesivo.**

**05.06 Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro, 2,96 m unión pegada con adhesivo.**

**05.07 Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, de 90 mm de diámetro, 3,06 m unión pegada con adhesivo.**

**05.08 Red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro, 2,67 m unión pegada con adhesivo.**

FASE	1	Presentación de tubos, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Número, tipo y dimensiones.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Fijación del material auxiliar para montaje y sujeción a la obra.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Disposición, tipo y número de bridas o ganchos de sujeción.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.2	Pendientes.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	3	Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Pasatubos en muros y forjados.	1 cada 10 m de tubería	■ Ausencia de pasatubos. ■ Holgura insuficiente.
3.2	Número y tipo de soportes.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.3	Separación entre soportes.	1 cada 10 m	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.
3.4	Tipo, material, situación y diámetro.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.5	Uniones y juntas.	1 cada 10 m	■ Falta de resistencia a la tracción.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**05.09 Bote sifónico de PVC de 110 mm de diámetro, con tapa ciega de acero inoxidable, colocado 4,00 Ud superficialmente bajo el forjado.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	1	Colocación del bote sifónico.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Nivelación.	1 por unidad	■ No coincidencia con la rasante del pavimento.	
1.2	Diámetro.	1 por unidad	■ Inferior a 110 mm.	
1.3	Unión del prolongador con el bote sifónico.	1 por unidad	■ Falta de estanqueidad.	
1.4	Fijación al forjado.	1 por unidad	■ Existencia de holgura.	
1.5	Distancia del bote sifónico a la bajante.	1 por unidad	■ Superior a 2 m.	

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**05.10 Colector suspendido de PVC, serie B de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo. 5,72 m**

FASE	1	Replanteo y trazado del colector.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Situación.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.2	Dimensiones, pendientes y trazado.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 cada 10 m	■ No se han respetado.	

FASE	2	Presentación en seco de tubos, accesorios y piezas especiales.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Número, tipo y dimensiones.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

FASE	3	Marcado de la situación del material auxiliar para montaje y sujeción a la obra.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Situación.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
3.2	Distancia entre abrazaderas.	1 cada 10 m	■ Superior a 75 cm.	

FASE	4	Fijación del material auxiliar para montaje y sujeción a la obra.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Sujeción de las abrazaderas al forjado.	1 cada 10 m	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.	

FASE	5	Montaje de la instalación empezando por el extremo de cabecera.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
5.1	Tipo, situación y dimensión.	1 cada 10 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
5.2	Pendiente.	1 cada 10 m	■ Inferior al 1,00%, para la evacuación de aguas residuales (a baja y alta temperatura) y/o pluviales.	
5.3	Pasos a través de elementos constructivos.	1 cada 10 m	■ Holgura inferior a 1 cm. ■ Ausencia de contratubo o sellado.	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	6	Limpieza de la zona a unir con el líquido limpiador, aplicación del adhesivo y encaje de piezas.	
		Verificaciones	Nº de controles
6.1	Limpieza.	1 cada 10 m	■ Existencia de restos de suciedad.
6.2	Estanqueidad.	1 cada 10 m	■ Falta de estanqueidad.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad parcial.	
Normativa de aplicación	CTE. DB HS Salubridad

**19.01 Aireador de paso, caudal máximo 15 l/s, de 725x20x82 mm, para ventilación híbrida. 7,00 Ud**

FASE	1	Replanteo.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1	Situación.	1 por unidad	■ Difícilmente accesible.

**19.02 Aireador de admisión, caudal máximo 10 l/s, de 1200x80x12 mm, para ventilación híbrida. 12,00 Ud**

FASE	1	Replanteo.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1	Altura.	1 por unidad	■ Inferior a 1,8 m sobre el nivel del suelo.

**19.03 Boca de extracción, graduable, caudal máximo 33 l/s, de 160 mm de diámetro de conexión y 200 2,00 Ud mm de diámetro exterior, para paredes o techos de locales húmedos (cocina), para ventilación híbrida.**

**19.04 Boca de extracción, graduable, caudal máximo 19 l/s, de 125 mm de diámetro de conexión y 165 6,00 Ud mm de diámetro exterior, para paredes o techos de locales húmedos (baño/aseo), para ventilación híbrida.**

FASE	1	Replanteo.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1	Distancia al techo.	1 por unidad	■ Superior a 200 mm.
1.2	Distancia a cualquier rincón o esquina.	1 por unidad	■ Inferior a 100 mm.

**19.05 Extractor estático mecánico, de 153 mm de diámetro y 415 mm de altura, de 250 m³/h de caudal 1,00 Ud máximo, en vivienda unifamiliar.**

**19.06 Extractor estático mecánico, de 153 mm de diámetro y 415 mm de altura, de 250 m³/h de caudal 1,00 Ud máximo, en vivienda unifamiliar.**

**19.07 Extractor estático mecánico, de 153 mm de diámetro y 415 mm de altura, de 250 m³/h de caudal 1,00 Ud máximo, en vivienda unifamiliar.**

**10.09 Aspirador giratorio con sombrero dinámico, de aluminio (Dureza H-24), para conducto de salida 1,00 Ud de 250 mm de diámetro exterior.**

FASE	1	Replanteo.	
		Verificaciones	Nº de controles
1.1	Altura de la boca de expulsión en la cubierta del edificio.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**10.10 Conducto circular de chapa de acero galvanizado de pared simple helicoidal, de 135 mm de 10,34 m diámetro y 0,5 mm de espesor, colocado en posición vertical, para instalación de ventilación.**

**10.11 Conducto circular de chapa de acero galvanizado de pared simple helicoidal, de 300 mm de 21,31 m diámetro y 0,5 mm de espesor, colocado en posición vertical, para instalación de ventilación.**

FASE	1	Replanteo y trazado del conducto.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Situación.	1 cada 20 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.2	Dimensiones, aplomado y trazado.	1 cada 20 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
1.3	Volúmenes de protección y prohibición respecto a otras instalaciones o elementos.	1 cada 20 m	■ No se han respetado.	

FASE	2	Presentación de tubos, accesorios y piezas especiales.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Número, tipo y dimensiones.	1 cada 20 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	

FASE	3	Colocación y fijación de tubos, accesorios y piezas especiales.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Número y tipo de soportes.	1 cada 20 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
3.2	Separación entre soportes.	1 cada 20 m	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.	
3.3	Tipo, material, situación y diámetro.	1 cada 20 m	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.	
3.4	Uniones y juntas.	1 cada 20 m	■ Falta de resistencia a la tracción.	

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.	
Normativa de aplicación	UNE-EN 12237. Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica

**20.14 Ascensor hidráulico de impulsión oleodinámica de 0,18 m/s de velocidad, 3 paradas, 225 kg de 1,00 Ud carga nominal, con capacidad para 3 personas, para vivienda unifamiliar, nivel medio de acabado en cabina de 900x780x2100 mm, maniobra universal simple, puertas interiores automáticas de acero inoxidable y puertas exteriores automáticas en acero inoxidable de 700x2000 mm.**

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de funcionamiento.	
Normativa de aplicación	Instrucción técnica complementaria ITC-MIE-AEM 1, referente a ascensores electromecánicos

**15.02.01 Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., empotrada en paramento, 48,14 m para la distribución de fluidos calientes (de +40°C a +60°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, con un elevado factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, de 13,0 mm de diámetro interior y 9,5 mm de espesor.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- 15.02.02** Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 16 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor. **3,72 m**
- 15.02.03** Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., empotrada en paramento, para la distribución de fluidos calientes (de +40°C a +60°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, con un elevado factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, de 19,0 mm de diámetro interior y 10,0 mm de espesor. **6,34 m**
- 15.02.04** Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 19 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor. **106,86 m**
- 15.02.05** Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 23 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor. **1,85 m**
- 15.02.06** Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 29 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor. **1,51 m**

FASE	1	Colocación del aislamiento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Colocación.	1 cada 50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de continuidad.</li> <li>■ Solapes insuficientes.</li> </ul>

- 12.01** Aislamiento térmico y acústico de suelos flotantes formado por panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), cubierto con film de polietileno de 0,2 mm de espesor, preparado para recibir una solera de mortero u hormigón (no incluida en este precio). **271,72 m<sup>2</sup>**

FASE	1	Limpieza y preparación de la superficie soporte.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Estado del soporte.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Presencia de humedad.</li> <li>■ Asperezas superiores a 0,4 cm.</li> </ul>
1.2	Tabiques.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se han levantado al menos hasta una altura de dos hiladas antes de la aplicación del pavimento.</li> </ul>

FASE	2	Colocación del aislamiento sobre el forjado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Colocación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de continuidad.</li> <li>■ No se ha cubierto completamente la superficie del forjado.</li> </ul>
2.2	Encuentros con los elementos verticales.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de desolidarización perimetral.</li> <li>■ Falta de continuidad de la desolidarización perimetral.</li> </ul>

FASE	3	Colocación del film de polietileno.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Sellado de juntas.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de continuidad.</li> </ul>

- 21.03.03** Sistema de drenaje de modulo prefabricado tipo 1: módulo portante, por su cara exterior, con lámina drenante nodular de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), con nódulos de 8 mm de altura, con geotextil de polipropileno incorporado, resistencia a la c **52,53 m<sup>2</sup>**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	1	Colocación de la lámina drenante y filtrante.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Separación entre fijaciones.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Superior a 50 cm.	
1.2	Disposición del geotextil.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No se ha colocado en contacto con el terreno.	

**05.11 Encuentro de cubierta inclinada, de pendiente media 44%, material de cobertura teja cerámica 4,00 Ud plana sobre entramado portante de madera, tipo convencional con sumidero de salida vertical, formado por: pieza de refuerzo de lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40/FP (160), adherida al soporte y sumidero de caucho EPDM, de salida vertical, de 80 mm de diámetro adherido a la pieza de refuerzo.**

FASE	1	Ejecución de rebaje del soporte alrededor del sumidero.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Profundidad.	1 por unidad	■ Inferior a 5 cm.	
1.2	Dimensiones.	1 por unidad	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.	

FASE	2	Limpieza y preparación de la superficie en la que ha de aplicarse la lámina asfáltica.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Limpieza.	1 por unidad	■ Presencia de humedad o fragmentos punzantes.	

FASE	3	Colocación de la pieza de refuerzo.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Solapes y entregas.	1 por unidad	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.	

FASE	4	Colocación del sumidero.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
4.1	Borde superior del sumidero.	1 por unidad	■ Situado por encima del nivel de escorrentía de la cubierta.	

**07.07.. Cubierta inclinada a ocho aguas con una pendiente media del 44%, compuesta de: formación 172,72 m<sup>2</sup> de pendientes: panel sándwich para cubiertas compuesto de tablero contrachapado fenólico y núcleo aislante de espuma de poliestireno extruido, sobre entramado estructural (no incluido en este precio); impermeabilización: membrana difusora de vapor cobertura: teja cerámica plana, 43x26 cm, color rojo; fijada con clavos galvanizados sobre rastreles de madera.**

FASE	1	Fijación del enrastrelado a intervalos regulares.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Rastrel del alero.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	■ No tiene la altura necesaria para mantener la pendiente de las tejas.	

FASE	2	Fijación de las tejas sobre los rastreles con clavos.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Disposición de rastreles.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	■ Variaciones entre ejes de rastreles superiores a ±5 mm. ■ Variaciones respecto a la distancia al alero superiores a ±100 mm.	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.2	Fijación.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Las juntas en los empalmes son inferiores a 0,5 cm.</li> <li>■ Las juntas en los empalmes son superiores a 1,5 cm.</li> </ul>
2.3	Colocación de las piezas de cumbrera.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Solape sobre la última hilada inferior a 5 cm.</li> </ul>

**07.11.. Chapa de Zinc en encuentro con observatorio, para cubierta inclinada con una pendiente 39,84 m<sup>2</sup> media del 44%, formada por estructura portante (no incluida en este precio), film de polietileno que actúa como barrera de vapor y panel flexible y ligero de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de**

**21.02.04 Cubierta inclinada de observatorio con una pendiente media del 18%, formada por estructura 27,68 m<sup>2</sup> portante (no incluida en este precio), film de polietileno que actúa como barrera de vapor y panel flexible y ligero de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor como aislamiento térmico, dispuesto entre cabios de madera de 80x120 mm de sección. Cobertura compuesta por bandeja de zincitiano, "RHEINZINK" Clic System, acabado natural, de 0,7 mm de espesor, ejecutado mediante el sistema de junta de listón a partir de material en banda de 650 mm de desarrollo, 565 mm entre ejes y juntas de 47 mm de altura, fijada mecánicamente sobre tablero OSB de virutas orientadas intercalando entre ambos una lámina de separación estructurada.**

FASE	1	Limpieza y preparación del soporte.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Limpieza.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Existencia de restos de suciedad.</li> </ul>

FASE	2	Replanteo y colocación de los cabios de madera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Colocación de cabios.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de paralelismo con la línea de máxima pendiente, con variaciones superiores a 10 mm/m o a 30 mm en toda su longitud.</li> <li>■ Separación entre ejes de cabios superior a 53 cm.</li> </ul>

FASE	3	Corte, extendido y ajuste del aislamiento térmico.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Colocación, espesor y continuidad.	1 por planta de cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	4	Extendido y fijación de las bandejas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Disposición, corte y doblado de las bandejas.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	5	Realización de las juntas transversales y longitudinales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Colocación de tapajuntas y piezas especiales.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>

**07.13.. Formación conducto chimenea en cubierta inclinada, mediante fábrica de ladrillo cerámico 1,00 Ud hueco para revestir, de 0,5625 m<sup>2</sup> de sección y 2,6 m de altura.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	1	Colocación y aplomado de miras de referencia.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Existencia de miras aplomadas.	1 en general	■ Desviaciones en aplomes y alineaciones de miras.
1.2	Colocación de las miras.	1 en general	■ Ausencia de miras en cualquier esquina.

FASE	2	Colocación de los ladrillos, previamente humedecidos, por hiladas enteras.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Humectación de las piezas.	1 por unidad	■ No se han humedecido las piezas el tiempo necesario.
2.2	Enjarjes en los encuentros y esquinas.	1 cada 10 encuentros o esquinas	■ No se han realizado en todo el espesor y en todas las hiladas. ■ Existencia de solapes entre piezas inferiores a 4 cm o a 0,4 veces el grueso de la pieza.

**07.08.. Cumbreira realizada con pieza cerámica de caballete, para tejas planas, color rojo, recibida con 14,83 m mortero de cemento M-5.**

FASE	1	Colocación de las tejas con mortero.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Colocación de las piezas de cumbreira.	1 cada 100 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por faldón	■ Solape sobre la última hilada inferior a 5 cm.

**07.09.. Limahoya realizada con doble tabique aligerado de 8 cm de espesor cada uno, macizado de 25,00 m mortero de cemento M-5 y plancha de zinc de 0,60 mm de espesor y 450 mm de desarrollo, preformada.**

FASE	1	Formación de tabiques aligerados.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Pendiente hacia los puntos de desagüe.	1 por limahoya	■ Inferior al 1%.
1.2	Alineaciones.	1 por limahoya	■ Variaciones superiores a $\pm 5$ mm/m. ■ Variaciones superiores a $\pm 20$ mm en el total de la limahoya.

FASE	2	Remate superior de los tabiques aligerados mediante mortero de cemento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Remate superior.	1 por remate	■ Se permite la filtración del agua de precipitación hacia el paramento.

**07.12.. Encuentro de faldón de tejado con chimenea mediante banda ajustable compuesta por aleación 1,00 Ud de aluminio y zinc y lámina flexible de plomo natural de 1 mm de espesor, formando doble babero, fijada con perfil de acero inoxidable.**

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
--	----------------	-----------------	----------------------

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Desarrollo y colocación de la banda.	1 por unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Existencia de filtraciones.</li> <li>■ Altura inferior a 25 cm en la parte superior del encuentro.</li> <li>■ Altura inferior a 15 cm en la parte inferior del encuentro.</li> </ul>

**12.05 Alicatado con azulejo liso, 1/0/-/-, 18x65,9 cm, 8 €/m<sup>2</sup>, colocado sobre una superficie soporte de 226,67 m<sup>2</sup> yeso o placas de escayola, en paramentos interiores, mediante adhesivo cementoso normal, C1 gris, sin junta (separación entre 1,5 y 3 mm); cantoneras de PVC.**

FASE	1	Preparación de la superficie soporte.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Planeidad.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Variaciones superiores a ±2 mm, medidas con regla de 2 m.</li> </ul>
1.2	Limpieza.	1 en general	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Existencia de restos de suciedad.</li> </ul>

FASE	2	Replanteo de niveles y disposición de baldosas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Disposición de las baldosas.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>

FASE	3	Colocación de maestras o reglas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Nivelación.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Falta de nivelación.</li> <li>■ Nivelación incorrecta.</li> </ul>

FASE	4	Preparación y aplicación del adhesivo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Tiempo útil del adhesivo.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>
4.2	Tiempo de reposo del adhesivo.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>

FASE	5	Formación de juntas de movimiento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Juntas de partición y perimetrales.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Espesor inferior a 0,5 cm.</li> <li>■ Falta de continuidad.</li> </ul>

FASE	6	Colocación de las baldosas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Colocación de las baldosas.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Presencia de huecos en el adhesivo.</li> <li>■ Desviación entre dos baldosas adyacentes superior a 1 mm.</li> <li>■ Falta de alineación en alguna junta superior a ±2 mm, medida con regla de 1 m.</li> </ul>
6.2	Separación entre baldosas.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 0,15 cm.</li> <li>■ Superior a 0,3 cm.</li> </ul>

FASE	7	Ejecución de esquinas y rincones.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Esquinas.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausencia de cantoneras.</li> </ul>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	8	Rejuntado de baldosas.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
8.1	Limpieza de las juntas.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	■ Existencia de restos de suciedad.	
8.2	Aplicación del material de rejuntado.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	■ No han transcurrido como mínimo 24 horas desde la colocación de las baldosas. ■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.	
8.3	Continuidad en el rejuntado.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	■ Presencia de coqueras.	

FASE	9	Acabado y limpieza final.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
9.1	Planeidad.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a $\pm 3$ mm, medidas con regla de 2 m.	
9.2	Nivelación entre baldosas.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a $\pm 2$ mm.	
9.3	Alineación de las juntas de colocación.	1 cada 30 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a $\pm 2$ mm, medidas con regla de 1 m.	
9.4	Limpieza.	1 en general	■ Existencia de restos de suciedad.	

**12.04 Pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, sobre paramentos horizontales y 692,50 m<sup>2</sup> verticales interiores de yeso o escayola, mano de fondo y dos manos de acabado (rendimiento: 0,125 l/m<sup>2</sup> cada mano).**

FASE	1	Preparación del soporte.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Estado del soporte.	1 por estancia	■ Existencia de restos de suciedad.	

FASE	2	Aplicación de la mano de fondo.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Rendimiento.	1 por estancia	■ Inferior a 0,18 l/m <sup>2</sup> .	

FASE	3	Aplicación de las manos de acabado.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
3.1	Acabado.	1 por estancia	■ Existencia de descolgamientos, cuarteaduras, fisuras, desconchados, bolsas o falta de uniformidad.	
3.2	Rendimiento.	1 por estancia	■ Inferior a 0,25 l/m <sup>2</sup> .	

**08.03 Revestimiento exterior liso realizado con mortero de cal sobre un paramento exterior, previa 369,93 m<sup>2</sup> colocación de malla antiálcalis en cambios de material y en los frentes de forjado.**

FASE	1	Preparación de la superficie soporte.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
1.1	Estado del soporte.	1 en general	■ No se ha humedecido previamente. ■ Existencia de restos de suciedad.	

FASE	2	Despiece de paños de trabajo.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo	
2.1	Dimensiones de los paños de trabajo.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Superficie del paño de trabajo superior a 6 m <sup>2</sup> .	

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	3	Preparación y aplicación de una primera capa.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Orden de aplicación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No se ha aplicado empezando por la parte superior del paramento hacia abajo.

FASE	4	Preparación y aplicación de una segunda capa.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Orden de aplicación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No se ha aplicado empezando por la parte superior del paramento hacia abajo.

FASE	5	Realización de juntas y encuentros.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Juntas.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Espesor inferior a 0,5 cm. ■ Profundidad inferior al espesor del revestimiento.

FASE	6	Acabado superficial.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Acabado superficial.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No se ha lavado la última mano de revoco con agua y cepillo o brocha de pelo en dos direcciones, horizontal y vertical, hasta dejar al aire el grano o la china.
6.2	Planeidad.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a ±5 mm, medidas con regla de 1 m.

**12.03 Solado de baldosas cerámicas de gres esmaltado, 2/0/-/-, de 45x45 cm, 8 €/m<sup>2</sup>, recibidas con 67,93 m<sup>2</sup> adhesivo cementoso normal, C1 sin ninguna característica adicional, color gris con doble encolado, y rejuntadas con lechada de cemento blanco, L, BL-V 22,5, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), coloreada con la misma tonalidad de las piezas.**

FASE	1	Limpieza y comprobación de la superficie soporte.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Planeidad.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	■ Variaciones superiores a ±3 mm, medidas con regla de 2 m.
1.2	Limpieza.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	■ Existencia de restos de suciedad.

FASE	2	Replanteo de la disposición de las baldosas y juntas de movimiento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Juntas de colocación, de partición, perimetrales y estructurales.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	■ Falta de continuidad.

FASE	3	Aplicación del adhesivo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Espesor y extendido del adhesivo.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

FASE	4	Colocación de las baldosas a punta de paleta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Colocación de las baldosas.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Presencia de huecos en el adhesivo.</li> <li>■ No se han colocado antes de concluir el tiempo abierto del adhesivo.</li> <li>■ Desviación entre dos baldosas adyacentes superior a 1 mm.</li> <li>■ Falta de alineación en alguna junta superior a ±2 mm, medida con regla de 1 m.</li> </ul>
4.2	Planeidad.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Variaciones superiores a ±3 mm, medidas con regla de 2 m.</li> </ul>
4.3	Separación entre baldosas.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inferior a 0,15 cm.</li> <li>■ Superior a 0,3 cm.</li> </ul>

FASE	5	Formación de juntas de partición, perimetrales y estructurales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Juntas de partición y perimetrales.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Espesor inferior a 0,5 cm.</li> <li>■ Profundidad inferior al espesor del revestimiento.</li> <li>■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.</li> </ul>
5.2	Juntas estructurales existentes.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se ha respetado su continuidad hasta el pavimento.</li> </ul>

FASE	6	Rejuntado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Limpieza de las juntas.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Existencia de restos de suciedad.</li> </ul>
6.2	Aplicación del material de rejuntado.	1 cada 400 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No han transcurrido como mínimo 24 horas desde la colocación de las baldosas.</li> <li>■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.</li> </ul>

FASE	7	Limpieza final del pavimento.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Limpieza.	1 en general	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Existencia de restos de suciedad.</li> </ul>

**12.02 Pavimento de entarimado tradicional de tablas de madera maciza de pino gallego de 120x22 203,88 m<sup>2</sup> mm, colocado a rompejuntas sobre rastreles de madera de pino de 50x25 cm, fijados mecánicamente al soporte cada 30 cm.**

FASE	1	Formación del encuentro.
------	---	--------------------------

FASE	1	Replanteo de los ejes de los rastreles y marcado de niveles.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Replanteo.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Los ejes de los rastreles no se han colocado paralelos al lado más corto de la estancia.</li> </ul>

FASE	2	Colocación, nivelación y fijación de rastreles.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Atornillado de los rastreles al soporte.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Los tornillos tienen una longitud insuficiente para atravesar el rastrel y penetrar en el suelo un mínimo de 2,5 cm.</li> </ul>
2.2	Nivelación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No se han utilizado cuñas de madera para calzar los rastreles en todos aquellos puntos donde exista holgura entre éstos y el soporte.</li> </ul>

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	3	Colocación de las tablas de madera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Situación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No se han colocado las lamas en paralelo al lado de mayor longitud de la estancia.
3.2	Junta entre las lamas de la primera fila y las paredes o elementos verticales.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Inferior a 1,5 cm.
3.3	Clavado de la primera fila y de la última fila.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ El clavo no ha entrado perpendicularmente al rastrel.
3.4	Encuentros de las lamas en su dimensión menor.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No se han apoyado encima del eje de los rastreles.

**11.01 Falso techo continuo, sistema Placo Prima "PLACO", situado a una altura menor de 4 m, liso, 67,93 m<sup>2</sup> formado por una placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / 2500 / 15 / borde afinado, BA 15 "PLACO", atornillada a una estructura portante de perfiles primarios F530 "PLACO".**

FASE	1	Replanteo de los ejes de la estructura metálica.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Replanteo.	1 cada 20 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por estancia	■ No se han marcado en el elemento soporte las líneas correspondientes a la situación de los perfiles de la estructura primaria.

FASE	2	Señalización de los puntos de anclaje al forjado o elemento soporte.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Anclajes y cuelgues.	1 cada 20 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por estancia	■ No se han situado perpendiculares a los perfiles de la estructura soporte y alineados con ellos.

FASE	3	Nivelación y suspensión de los perfiles primarios.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Colocación de las maestras primarias.	1 cada 20 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por estancia	■ No se han encajado sobre las suspensiones. ■ No se han nivelado correctamente. ■ No se han empezado a encajar y nivelar por los extremos de los perfiles.
3.2	Distancia a los muros perimetrales de las maestras primarias paralelas a los mismos.	1 cada 20 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por estancia	■ Superior a 1/3 de la distancia entre maestras.

FASE	4	Atornillado y colocación de las placas.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Colocación.	1 cada 20 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por estancia	■ No se han colocado perpendicularmente a los perfiles portantes. ■ No se han colocado a matajuntas. ■ Solape entre juntas inferior a 40 cm. ■ Espesor de las juntas longitudinales entre placas superior a 0,3 cm. ■ Las juntas transversales entre placas no han coincidido sobre un elemento portante.
4.2	Atornillado.	1 cada 20 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por estancia	■ No se ha atornillado perpendicularmente a las placas. ■ Los tornillos no han quedado ligeramente rehundidos respecto a la superficie de las placas. ■ Separación entre tornillos superior a 20 cm.

FASE	5	Tratamiento de juntas.	
------	---	------------------------	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Colocación de la cinta de juntas.	1 cada 20 m <sup>2</sup> y no menos de 1 por estancia	■ Existencia de cruces o solapes.

**08.02 Tratamiento superficial de protección hidrófuga y consolidante, para fachadas de piedra 453,59 m<sup>2</sup> natural, mediante impregnación acuosa, incolora, hidrófuga, aplicada en una mano (rendimiento: 0,28 l/m<sup>2</sup>).**

FASE	1	Aplicación de la mano de hidrofugante.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Aplicación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Falta de uniformidad.

**15.03.01 Lavabo sobre encimera, serie Urbi 1 "ROCA", color blanco, de 450 mm de diámetro, equipado 4,00 Ud con grifería monomando, serie Touch "ROCA", modelo 5A3447C00, acabado cromo, de 135x300 mm y desagüe, acabado cromo.**

**15.03.03 Bañera de acero modelo Princess-N "ROCA", color blanco, de 170x75 cm, masaje aire/agua, 1,00 Ud acabados cromados, equipada con grifería monomando, serie Kendo "ROCA", modelo 5A0158A00, acabado brillo, de 190x293 mm.**

**15.03.04 Plato de ducha de porcelana sanitaria modelo Ontario-N "ROCA", color blanco, de 80x80x12 3,00 Ud cm, equipado con grifería monomando, serie Kendo "ROCA", modelo 5A2058A00, acabado brillo, de 107x275 mm.**

**15.03.05 Bidé serie media, color blanco, sin tapa, equipado con grifería monomando, serie básica, 3,00 Ud acabado cromado, con aireador y desagüe, acabado blanco.**

FASE	1	Montaje de la grifería.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Uniones.	1 por grifo	■ Inexistencia de elementos de junta.

**20.02 Placa vitrocerámica para encimera, con mandos frontales, marco sintético. 1,00 Ud**

FASE	1	Replanteo mediante plantilla.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Distancia a las paredes laterales.	1 por unidad	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

FASE	2	Colocación del aparato.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Aberturas de ventilación, en caso de encimeras encastradas.	1 por unidad	■ Ausencia de aberturas.

FASE	3	Conexión a la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Cable de alimentación eléctrica.	1 por unidad	■ En contacto con la carcasa de la encimera.

**20.03 Horno eléctrico multifunción, diseño rústico. 1,00 Ud**

FASE	1	Colocación del aparato.	
------	---	-------------------------	--

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Separación entre el paramento y la carcasa del horno.	1 por unidad	■ Inferior a 0,2 cm.

FASE	2	Conexión a la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Conexión eléctrica.	1 por unidad	■ Ausencia de toma de tierra.

**20.04 Suministro e instalación de campana extractora decorativa, modelo Pamela-900 S&P, acabado 1,00 Ud inox**

FASE	1	Replanteo mediante plantilla.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Distancia a las paredes laterales.	1 por unidad	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

FASE	2	Colocación del aparato.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Aberturas de ventilación, en caso de encimeras encastradas.	1 por unidad	■ Ausencia de aberturas.

FASE	3	Conexión a la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Cable de alimentación eléctrica.	1 por unidad	■ En contacto con la carcasa de la encimera.

**20.05 Suministro e instalación de lavavajillas.**

**1,00 Ud**

FASE	1	Colocación del aparato.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Separación entre el paramento y la carcasa del horno.	1 por unidad	■ Inferior a 0,2 cm.

FASE	2	Conexión a la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Conexión eléctrica.	1 por unidad	■ Ausencia de toma de tierra.

**20.06 Arcón frigorífico, "TEKA" modelo VT TC 75, color inox.**

**1,00 Ud**

FASE	1	Replanteo mediante plantilla.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Distancia a las paredes laterales.	1 por unidad	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

FASE	2	Colocación del aparato.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Aberturas de ventilación, en caso de encimeras encastradas.	1 por unidad	■ Ausencia de aberturas.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	3	Conexión a la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Cable de alimentación eléctrica.	1 por unidad	■ En contacto con la carcasa de la encimera.

**20.07 Nevera combi marca "TEKA", color inox. 1,00 Ud**

**20.09 Suministro e instalación de lavadora. 1,00 Ud**

FASE	1	Colocación del aparato.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Separación entre el paramento y la carcasa del horno.	1 por unidad	■ Inferior a 0,2 cm.

FASE	2	Conexión a la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Conexión eléctrica.	1 por unidad	■ Ausencia de toma de tierra.

**20.10 Suministro e instalación de secadora, modelo "TEKA", color inox. 1,00 Ud**

FASE	1	Replanteo mediante plantilla.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Distancia a las paredes laterales.	1 por unidad	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

FASE	2	Colocación del aparato.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Aberturas de ventilación, en caso de encimeras encastradas.	1 por unidad	■ Ausencia de aberturas.

FASE	3	Conexión a la red.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Cable de alimentación eléctrica.	1 por unidad	■ En contacto con la carcasa de la encimera.

**20.01 Fregadero de acero inoxidable de 1 cubeta y 1 escurridor, de 900x490 mm, con grifería 1,00 Ud monomando serie media acabado cromado, con aireador.**

**20.08 Lavadero de gres, de 600x390x360 mm, con mueble soporte y grifería convencional, serie básica, 1,00 Ud con caño giratorio superior, con aireador.**

FASE	1	Montaje de la grifería.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Uniones.	1 por grifo	■ Inexistencia de elementos de junta.

**20.12 Encimera de aglomerado de cuarzo blanco "LEVANTINA", acabado pulido, de 613 cm de longitud, 1,00 Ud 60 cm de anchura y 2 cm de espesor, canto con faldón frontal liso de 7 cm de ancho, formación de 1 hueco con sus cantos pulidos, y copete perimetral de 5 cm de altura y 2 cm de espesor, con el borde recto.**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	1	Replanteo y trazado de la encimera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Geometría.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Situación de las juntas.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE	2	Colocación, ajuste y fijación de las piezas que componen la encimera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Horizontalidad.	1 por unidad	■ Pendientes superiores al 0,1%.
2.2	Altura.	1 por unidad	■ Variaciones superiores a $\pm 5$ mm.

FASE	3	Fijación del faldón a la encimera.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Uniones.	1 por unidad	■ Falta de estanqueidad.

FASE	4	Colocación de copete perimetral.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Uniones.	1 por unidad	■ Falta de estanqueidad.

**22.01.02 Farola con distribución de luz radialmente simétrica, con luminaria cilíndrica de 140 mm de 9,00 Ud diámetro y 1400 mm de altura, columna cilíndrica de plástico de 2600 mm, para 2 lámparas fluorescentes T5 de 54 W.**

FASE	1	Formación de cimentación de hormigón en masa.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Situación y nivelación.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Altura.	1 por unidad	■ Inferior a 3 m. ■ Superior a 6 m.
1.3	Condiciones de vertido del hormigón.	1 por unidad	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.

FASE	2	Fijación de la columna.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Aplomado.	1 por unidad	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**22.04.01 Césped por siembra de mezcla de semillas.**

**308,36 m<sup>2</sup>**

FASE	1	Preparación del terreno y abonado de fondo.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Eliminación de la vegetación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Época inadecuada.
1.2	Laboreo.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Profundidad inferior a 20 cm. ■ Terreno inadecuado para la penetración de las raíces.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.3	Acabado y refino de la superficie.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**22.04.02 Aspersor aéreo de giro por impacto, de latón, con arco ajustable, radio de 10 a 37 m regulable con tornillo, conexión de 1/2" de diámetro. 4,00 Ud**

	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Ajuste del caudal.	1 por unidad	■ Incumplimiento de las prescripciones del fabricante.

**PRUEBAS DE SERVICIO**

Prueba de estanqueidad y funcionamiento.	
Normativa de aplicación	NTE-IFR. Instalaciones de fontanería: Riego

**22.03.02 Puerta cancela metálica de carpintería artística, de una hoja batiente, dimensiones 140x200 cm, 1,00 Ud para acceso peatonal, apertura manual.**

FASE	1	Instalación de la puerta.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Holgura entre la hoja y el cerco.	1 cada 5 unidades	■ Superior a 0,4 cm.
1.2	Holgura entre la hoja y el pavimento.	1 cada 5 unidades	■ Inferior a 0,8 cm. ■ Superior a 1,2 cm.
1.3	Aplomado.	1 cada 5 unidades	■ Variaciones superiores a ±2 mm.
1.4	Nivelación.	1 cada 5 unidades	■ Variaciones superiores a ±2 mm.
1.5	Alineación de herrajes.	1 cada 5 unidades	■ Variaciones superiores a ±2 mm.
1.6	Acabado.	1 cada 5 unidades	■ Existencia de deformaciones, golpes u otros defectos visibles.

**22.02.01 Pavimento exterior continuo, para formación de rampa accesible de entrada a vivienda y 76,84 m<sup>2</sup> escaleras; de hormigón impreso de 30 cm de espesor, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, extendido y vibrado manual, y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080; acabado impreso en relieve y tratado superficialmente con mortero decorativo de rodadura para pavimento de hormigón color blanco, rendimiento 4,5 kg/m<sup>2</sup>; desmoldeante en polvo color blanco y capa de sellado final con resina impermeabilizante de acabado.**

FASE	1	Vertido y compactación del hormigón.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Espesor.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Inferior a 30 cm.
1.2	Condiciones de vertido del hormigón.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. ■ Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.

FASE	2	Aplicación manual del mortero coloreado endurecedor.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Espolvoreo.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ El hormigón no ha quedado totalmente cubierto.
2.2	Alisado con llana.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ El color no se ha integrado en el hormigón.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
 Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

FASE	3	Aplicación del desmoldeante hasta conseguir una cubrición total.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Espolvoreo.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ La superficie no ha quedado totalmente cubierta.
3.2	Impresión.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No se han utilizado los moldes especificados en el proyecto.

FASE	4	Limpieza de la superficie de hormigón, mediante máquina hidrolimpiadora de agua a presión.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Limpieza.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ No han transcurrido como mínimo 3 días desde la impresión del pavimento.

FASE	5	Aplicación de la resina de acabado.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Aplicación.	1 cada 100 m <sup>2</sup>	■ La superficie a tratar no ha endurecido. ■ Falta de uniformidad. ■ Capas de espesor excesivo.

**24.03.01 Transporte de residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras 1,00 Ud de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m<sup>3</sup>, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.**

FASE	1	Carga a camión del contenedor.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Naturaleza de los residuos.	1 por contenedor	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**25.05.01 Acometida provisional de fontanería enterrada a caseta prefabricada de obra. 1,00 Ud**

FASE	1	Presentación en seco de la tubería y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Número, tipo y dimensiones.	1 por tubería	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**25.05.02 Acometida provisional de saneamiento enterrada a caseta prefabricada de obra. 1,00 Ud**

FASE	1	Ajuste del caudal de agua.	
FASE	1	Presentación en seco de tubos y piezas especiales.	
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Número, tipo y dimensiones.	1 por tubo	■ Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **4.- CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA OBRA TERMINADA: PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO.**

En el apartado del Pliego del proyecto correspondiente a las Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado se establecen las verificaciones y pruebas de servicio a realizar por la empresa constructora o instaladora, para comprobar las prestaciones finales del edificio; siendo a su cargo el coste de las mismas.

Se realizarán tanto las pruebas finales de servicio prescritas por la legislación aplicable, contenidas en el preceptivo ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA redactado por el Director de Ejecución de la Obra, como las indicadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto y las que pudiera ordenar la Dirección Facultativa durante el transcurso de la obra.

#### **5.- VALORACIÓN ECONÓMICA**

Atendiendo a lo establecido en el Art. 11 de la LOE, es obligación del constructor ejecutar la obra con sujeción al proyecto, al contrato, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto, acreditando mediante el aporte de certificados, resultados de pruebas de servicio, ensayos u otros documentos, dicha calidad exigida.

El coste de todo ello corre a cargo y cuenta del constructor, sin que sea necesario presupuestarlo de manera diferenciada y específica en el capítulo "Control de calidad y Ensayos" del presupuesto de ejecución material del proyecto.

En este capítulo se indican aquellos otros ensayos o pruebas de servicio que deben ser realizados por entidades o laboratorios de control de calidad de la edificación, debidamente homologados y acreditados, distintos e independientes de los realizados por el constructor. El presupuesto estimado en este Plan de control de calidad de la obra, sin perjuicio del previsto en el preceptivo ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA, a confeccionar por el Director de Ejecución de la Obra, asciende a la cantidad de 2.228,11 Euros (Dos mil doscientos veintiocho con once euros)

**Proyecto:** Proyecto básico y de ejecución de vivienda unifamiliar "Villa Güimil"  
**Situación:** Avda. Rosalía de Castro. Vilagarcía de Arousa. Pontevedra  
**Fecha:** Enero 2016

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

4-13 **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

#### **4.13) ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **ÍNDICE**

<b>1. MEMORIA</b>	
<b>1.1. Consideraciones preliminares: justificación, objeto y contenido</b>	654
1.1.1. Justificación	654
1.1.2. Objeto	654
1.1.3. Contenido del EBSS	654
<b>1.2. Datos generales</b>	654
1.2.1. Agentes	655
1.2.2. Características generales del Proyecto de Ejecución	655
1.2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno	655
1.2.4. Características generales de la obra	655
<b>1.3. Medios de auxilio</b>	656
1.3.1. Medios de auxilio en obra	656
1.3.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos	656
<b>1.4. Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores</b>	656
1.4.1. Vestuarios	656
1.4.2. Aseos	656
1.4.3. Comedor	657
<b>1.5. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar</b>	657
1.5.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra	658
1.5.2. Durante las fases de ejecución de la obra	659
1.5.3. Durante la utilización de medios auxiliares	661
1.5.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas	663
<b>1.6. Identificación de los riesgos laborales evitables</b>	666
1.6.1. Caídas al mismo nivel	666
1.6.2. Caídas a distinto nivel	666
1.6.3. Polvo y partículas	666
1.6.4. Ruido	666
1.6.5. Esfuerzos	667
1.6.6. Incendios	667
1.6.7. Intoxicación por emanaciones	667
<b>1.7. Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse</b>	667
1.7.1. Caída de objetos	667
1.7.2. Dermatitis	667
1.7.3. Electrocuciiones	667
1.7.4. Quemaduras	668
1.7.5. Golpes y cortes en extremidades	668
<b>1.8. Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento</b>	668
1.8.1. Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas	668
1.8.2. Trabajos en instalaciones	668
1.8.3. Trabajos con pinturas y barnices	668
<b>1.9. Trabajos que implican riesgos especiales</b>	668
<b>1.10. Medidas en caso de emergencia</b>	669
<b>1.11. Presencia de los recursos preventivos del contratista</b>	669
<b>2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.</b>	670

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## ÍNDICE

<b>3. PLIEGO</b>	679
<b>3.1. Pliego de cláusulas administrativas</b>	679
3.1.1. Disposiciones generales	679
3.1.2. Disposiciones facultativas	681
3.1.3. Formación en Seguridad	681
3.1.4. Reconocimientos médicos	681
3.1.5. Salud e higiene en el trabajo	682
3.1.6. Documentación de obra	682
3.1.7. Disposiciones Económicas	684
<b>3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares</b>	684
3.2.1. Medios de protección colectiva	684
3.2.2. Medios de protección individual	684
5)        3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort	684

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

## **1.1. Consideraciones preliminares: justificación, objeto y contenido**

### **1.1.1. Justificación**

La obra proyectada requiere la redacción de un **estudio básico de seguridad y salud**, debido a su reducido volumen y a su relativa sencillez de ejecución, cumpliéndose el artículo 4. "Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras" del Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, al verificarse que:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00 euros.
- b) No se cumple que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen estimado de mano de obra, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, no es superior a 500 días.
- d) No se trata de una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

### **1.1.2. Objeto**

En el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos

### **1.1.3. Contenido del EBSS**

El Estudio Básico de Seguridad y Salud precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello, así como la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas, además de cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

En el Estudio Básico de Seguridad y Salud se contemplan también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de reparación o mantenimiento, siempre dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

## **1.2. Datos generales**

### **1.2.1. Agentes**

Entre los agentes que intervienen en materia de seguridad y salud en la obra objeto del presente estudio, se reseñan:

- Promotor:-
- Autor del proyecto: Silvia Sartal García
- Constructor - Jefe de obra:-
- Coordinador de seguridad y salud:-

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **1.2.2. Características generales del Proyecto de Ejecución**

De la información disponible en la fase de proyecto básico y de ejecución, se aporta aquella que se considera relevante y que puede servir de ayuda para la redacción del plan de seguridad y salud.

- Denominación del proyecto: "Proyecto básico y de ejecución de la vivienda unifamiliar Villa Güimil"
- Plantas sobre rasante: 2
- Plantas bajo rasante: 1
- Presupuesto de ejecución material: 387.738,11€
- Plazo de ejecución: 2 años.
- Núm. máx. operarios: 13

### **1.2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno**

En el presente apartado se especifican, de forma resumida, las condiciones del entorno a considerar para la adecuada evaluación y delimitación de los riesgos que pudieran causar.

- Dirección: Vilagarcía de Arousa (Pontevedra)
- Accesos a la obra: 2 peatonales y 1 rodado
- Topografía del terreno: plana
- Edificaciones colindantes: exento
- Servidumbres y condicionantes: -
- Condiciones climáticas y ambientales: -

Durante los periodos en los que se produzca entrada y salida de vehículos se señalará convenientemente el acceso de los mismos, tomándose todas las medidas oportunas establecidas por la Dirección General de Tráfico y por la Policía Local, para evitar posibles accidentes de circulación.

Se conservarán los bordillos y el pavimento de las aceras colindantes, causando el mínimo deterioro posible y reponiendo, en cualquier caso, aquellas unidades en las que se aprecie algún desperfecto.

### **1.2.4. Características generales de la obra**

Descripción de las características de las unidades de la obra que pueden influir en la previsión de los riesgos laborales:

#### **1.2.4.1. Cimentación**

Cimentación mediante zapatas formadas por piedras graníticas de geometría variable.

#### **1.2.4.2. Estructura de contención**

Muros de mampostería granítica de 70 cm de espesor aproximado.  
Mu

#### **1.2.4.3. Estructura horizontal**

Forjados compuestos por entramado portante de madera laminada GL 32 h, clase resistente D30.

#### **1.2.4.4. Fachadas**

Muros de mampostería granítica de 70 cm de espesor aproximado.

#### **1.2.4.5. Soleras y forjados sanitarios**

En planta semisótano.

#### **1.2.4.6. Cubierta**

Cubierta de estructura de madera aserrada frondosa (D 30) en cerchas y correas, panel sándwich aislante tipo termochip plus especial cubiertas, con lámina impermeabilizante adherida y cobertura exterior compuesta por teja cerámica plana.

#### **1.2.4.7. Instalaciones**

Las exigidas para vivienda unifamiliar.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### 1.3. Medios de auxilio

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

Se dispondrá en lugar visible de la obra un cartel con los teléfonos de urgencias y de los centros sanitarios más próximos.

#### 1.3.1. Medios de auxilio en obra

En la obra se dispondrá de un armario botiquín portátil modelo B con destino a empresas de 5 a 25 trabajadores, en un lugar accesible a los operarios y debidamente equipado, según la Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo.

Su contenido se limitará, como mínimo, al establecido en el anexo VI. A). 3 del Real Decreto 486/97, de 14 de abril:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados
- Gasas estériles
- Algodón hidrófilo
- Vendas
- Esparadrapo
- Apósitos adhesivos
- Tijeras
- Pinzas y guantes desechables

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

#### 1.3.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos

Se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegara a producir un accidente laboral.

NIVEL ASISTENCIAL	NOMBRE, EMPLAZAMIENTO Y TELÉFONO	DISTANCIA APROX. (KM)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia primaria (Urgencias)	Ambulatorio San Roque (Avenida de Las Carolinas s/n) 123456	3,00 km
Empresas de ambulancias	Ambulancias de O Salnés (Cambados. Avda. de Galicia nº 5) 123456789	15,00 km

La distancia al centro asistencial más próximo Ambulatorio San Roque, se estima en 10 minutos, en condiciones normales de tráfico.

### 1.4. Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras" contenidas en la legislación vigente en la materia.

Dadas las características y el volumen de la obra, se ha previsto la colocación de instalaciones provisionales tipo caseta prefabricada para los vestuarios y aseos, pudiéndose habilitar posteriormente zonas en la propia obra para albergar dichos servicios, cuando las condiciones y las fases de ejecución lo permitan.

#### 1.4.1. Vestuarios

Los vestuarios dispondrán de una superficie total de 2,0 m<sup>2</sup> por cada trabajador que deba utilizarlos simultáneamente, incluyendo bancos y asientos suficientes, además de taquillas dotadas de llave y con la capacidad necesaria para guardar la ropa y el calzado.

#### 1.4.2. Aseos

La dotación mínima prevista para los aseos es de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen simultáneamente en la obra
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- 1 lavabo por cada retrete
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción
- 1 secamos de celulosa o eléctrico por cada lavabo
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

### 1.4.3. Comedor

La zona destinada a comedor tendrá una altura mínima de 2,5 m, dispondrá de fregaderos de agua potable para la limpieza de los utensilios y la vajilla, estará equipada con mesas y asientos, y tendrá una provisión suficiente de vasos, platos y cubiertos, preferentemente desechables.

### 1.5. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar

A continuación se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir durante las distintas fases de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva a adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.

Riesgos generales más frecuentes

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Desprendimiento de cargas suspendidas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Electrocuciiones por contacto directo o indirecto
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases

Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra
- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos, en cumplimiento de los supuestos regulados por el Real Decreto 604/06 que exigen su presencia.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida
- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios
- Ante la existencia de líneas eléctricas aéreas, se guardarán las distancias mínimas preventivas, en función de su intensidad y voltaje
- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos
- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de ejecución de la obra

- Casco de seguridad homologado
- Casco de seguridad con barboquejo
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma
- Guantes de cuero

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- Guantes aislantes
- Calzado con puntera reforzada
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos
- Botas de caña alta de goma
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Ropa de trabajo impermeable
- Faja antilumbago
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

### **1.5.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra**

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

#### **1.5.1.1. Instalación eléctrica provisional**

Riesgos más frecuentes

- Electrocuciiones por contacto directo o indirecto
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de partículas en los ojos
- Incendios

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, mediante el sistema de protección de puesta a tierra y dispositivos de corte (interruptores diferenciales)
- Se respetará una distancia mínima a las líneas de alta tensión de 6 m para las líneas aéreas y de 2 m para las líneas enterradas
- Se comprobará que el trazado de la línea eléctrica no coincide con el del suministro de agua
- Se ubicarán los cuadros eléctricos en lugares accesibles, dentro de cajas prefabricadas homologadas, con su toma de tierra independiente, protegidas de la intemperie y provistas de puerta, llave y visera
- Se utilizarán solamente conducciones eléctricas antihumedad y conexiones estancas
- En caso de tender líneas eléctricas sobre zonas de paso, se situarán a una altura mínima de 2,2 m si se ha dispuesto algún elemento para impedir el paso de vehículos y de 5,0 m en caso contrario
- Los cables enterrados estarán perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0,4 m
- Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas
- Quedan terminantemente prohibidas las conexiones triples (ladrones) y el empleo de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta

Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado aislante para electricistas
- Guantes dieléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes
- Ropa de trabajo impermeable
- Ropa de trabajo reflectante

#### **1.5.1.2. Vallado de obra**

Riesgos más frecuentes

- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de fragmentos o de partículas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se prohibirá el aparcamiento en la zona destinada a la entrada de vehículos a la obra
- Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado
- Se localizarán las conducciones que puedan existir en la zona de trabajo, previamente a la excavación

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo reflectante

## 1.5.2. Durante las fases de ejecución de la obra

### 1.5.2.1. Acondicionamiento del terreno

Riesgos más frecuentes

- Atropellos y colisiones en giros o movimientos inesperados de las máquinas, especialmente durante la operación de marcha atrás
- Circulación de camiones con el volquete levantado
- Fallo mecánico en vehículos y maquinaria, en especial de frenos y de sistema de dirección
- Caída de material desde la cuchara de la máquina
- Caída de tierra durante las maniobras de desplazamiento del camión
- Vuelco de máquinas por exceso de carga

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Antes de iniciar la excavación se verificará que no existen líneas o conducciones enterradas
- Los vehículos no circularán a distancia inferiores a 2,0 metros de los bordes de la excavación ni de los desniveles existentes
- Las vías de acceso y de circulación en el interior de la obra se mantendrán libres de montículos de tierra y de hoyos
- Todas las máquinas estarán provistas de dispositivos sonoros y luz blanca en marcha atrás
- La zona de tránsito quedará perfectamente señalizada y sin materiales acopiados
- Se realizarán entibaciones cuando exista peligro de desprendimiento de tierras

Equipos de protección individual (EPI)

- Auriculares antirruído
- Cinturón antivibratorio para el operador de la máquina

### 1.5.2.2. Cimentación

Riesgos más frecuentes

- Inundaciones o filtraciones de agua
- Vuelcos, choques y golpes provocados por la maquinaria o por vehículos

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se colocarán protectores homologados en las puntas de las armaduras de espera
- El transporte de las armaduras se efectuará mediante eslingas, enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad
- Se retirarán los clavos sobrantes y los materiales punzantes

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

### 1.5.2.3. Estructura

Riesgos más frecuentes

- Desprendimientos de los materiales de encofrado por apilado incorrecto
- Caída del encofrado al vacío durante las operaciones de desencofrado
- Cortes al utilizar la sierra circular de mesa o las sierras de mano

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se protegerá la vía pública con una visera de protección formada por ménsula y entablado
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Equipos de protección individual (EPI)

- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

#### **1.5.2.4. Cerramientos y revestimientos exteriores**

Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos o materiales desde distinto nivel
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Afecciones cutáneas por contacto con morteros, yeso, escayola o materiales aislantes

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Marquesinas para la protección frente a la caída de objetos
- No retirada de las barandillas antes de la ejecución del cerramiento

Equipos de protección individual (EPI)

- Uso de mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra

#### **1.5.2.5. Cubiertas**

Riesgos más frecuentes

- Caída por los bordes de cubierta o deslizamiento por los faldones

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación, preferentemente sobre vigas o soportes
- El acceso a la cubierta se realizará mediante escaleras de mano homologadas, ubicadas en huecos protegidos y apoyadas sobre superficies horizontales, sobrepasando 1,0 m la altura de desembarque
- Se instalarán anclajes en la cumbrera para amarrar los cables y/o los cinturones de seguridad

Equipos de protección individual (EPI)

- Calzado con suela antideslizante
- Ropa de trabajo impermeable
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

#### **1.5.2.6. Instalaciones en general**

Riesgos más frecuentes

- Electrocuci3nes por contacto directo o indirecto
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura
- Incendios y explosiones

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor
- Se utilizarán solamente lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes aislantes en pruebas de tensión
- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **1.5.2.7. Revestimientos interiores y acabados**

Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos o materiales desde el mismo nivel o desde distinto nivel
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas o pegamentos...
- Intoxicación por inhalación de humos y gases

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Las pinturas se almacenarán en lugares que dispongan de ventilación suficiente, con el fin de minimizar los riesgos de incendio y de intoxicación
- Las operaciones de lijado se realizarán siempre en lugares ventilados, con corriente de aire
- En las estancias recién pintadas con productos que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos queda prohibido comer o fumar
- Se señalarán convenientemente las zonas destinadas a descarga y acopio de mobiliario de cocina y aparatos sanitarios, para no obstaculizar las zonas de paso y evitar tropiezos, caídas y accidentes
- Los restos de embalajes se acopiarán ordenadamente y se retirarán al finalizar cada jornada de trabajo

Equipos de protección individual (EPI)

- Casco de seguridad homologado
- Guantes de goma
- Guantes de cuero
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

### **1.5.3. Durante la utilización de medios auxiliares**

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y a la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de agosto de 1970), prestando especial atención a la Sección 3ª "Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas" Subsección 2ª "Andamios en general".

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

#### **1.5.3.1. Puntales**

- No se retirarán los puntales, ni se modificará su disposición una vez hayan entrado en carga, respetándose el periodo estricto de desencofrado
- Los puntales no quedarán dispersos por la obra, evitando su apoyo en posición inclinada sobre los paramentos verticales, acopiándose siempre cuando dejen de utilizarse
- Los puntales telescópicos se transportarán con los mecanismos de extensión bloqueados

#### **1.5.3.2. Torre de hormigonado**

- Se colocará, en un lugar visible al pie de la torre de hormigonado, un cartel que indique "Prohibido el acceso a toda persona no autorizada"
- Las torres de hormigonado permanecerán protegidas perimetralmente mediante barandillas homologadas, con rodapié, con una altura igual o superior a 0,9 m
- No se permitirá la presencia de personas ni de objetos sobre las plataformas de las torres de hormigonado durante sus cambios de posición
- En el hormigonado de los pilares de esquina, las torres de hormigonado se ubicarán con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, con el fin de lograr la posición más segura y eficaz

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **1.5.3.3. Escalera de mano**

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras
- Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares
- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical
- El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas
- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

#### **1.5.3.4. Andamio de borriquetas**

- Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos
- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro

#### **1.5.3.5. Andamio europeo**

- Dispondrán del marcado CE, cumpliendo estrictamente las instrucciones específicas del fabricante, proveedor o suministrador en relación al montaje, la utilización y el desmontaje de los equipos
- Sus dimensiones serán adecuadas para el número de trabajadores que vayan a utilizarlos simultáneamente
- Se proyectarán, montarán y mantendrán de manera que se evite su desplome o desplazamiento accidental
- Las dimensiones, la forma y la disposición de las plataformas del andamio serán apropiadas y adecuadas para el tipo de trabajo que se realice y a las cargas previstas, permitiendo que se pueda trabajar con holgura y se circule con seguridad
- No existirá ningún vacío peligroso entre los componentes de las plataformas y los dispositivos verticales de protección colectiva contra caídas
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán dimensionarse, construirse, protegerse y utilizarse de modo que se evite que las personas puedan caer o estar expuestas a caídas de objetos

#### **1.5.3.6. Andamio modular**

- Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados bajo la dirección y supervisión de una persona cualificada
- Cumplirán las condiciones generales respecto a materiales, estabilidad, resistencia y seguridad y las referentes a su tipología en particular, según la normativa vigente en materia de andamios
- Se montarán y desmontarán siguiendo siempre las instrucciones del fabricante
- Las dimensiones de las plataformas del andamio, así como su forma y disposición, serán adecuadas para el trabajo y las cargas previstas, con holgura suficiente para permitir la circulación con seguridad
- No existirán vacíos entre las plataformas y los dispositivos verticales de protección colectiva contra caídas
- Los andamios serán inspeccionados por personal cualificado antes de su puesta en servicio, periódicamente, ante cualquier modificación, después de un largo período sin utilización, después de un movimiento sísmico o de un viento intenso, y ante cualquier circunstancia que pudiera afectar a su estabilidad o a su resistencia

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **1.5.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas**

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.
- b) La maquinaria cumplirá las prescripciones contenidas en el vigente Reglamento de Seguridad en las Máquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las especificaciones de los fabricantes.
- c) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artefacto mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

##### **1.5.4.1. Pala cargadora**

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina
- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte
- La extracción de tierras se efectuará en posición frontal a la pendiente
- El transporte de tierras se realizará con la cuchara en la posición más baja posible, para garantizar la estabilidad de la pala

##### **1.5.4.2. Retroexcavadora**

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina
- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte
- Los desplazamientos de la retroexcavadora se realizarán con la cuchara apoyada sobre la máquina en el sentido de la marcha
- Los cambios de posición de la cuchara en superficies inclinadas se realizarán por la zona de mayor altura
- Se prohibirá la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina

##### **1.5.4.3. Camión de caja basculante**

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga
- No se circulará con la caja izada después de la descarga

##### **1.5.4.4. Camión para transporte**

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona
- Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas
- En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina

##### **1.5.4.5. Camión grúa**

- El conductor accederá al vehículo descenderá del mismo con el motor apagado, en posición frontal, evitando saltar al suelo y haciendo uso de los peldaños y asideros
- Se cuidará especialmente de no sobrepasar la carga máxima indicada por el fabricante

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- La cabina dispondrá de botiquín de primeros auxilios y de extintor timbrado y revisado
- Los vehículos dispondrán de bocina de retroceso
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de elevación
- La elevación se realizará evitando operaciones bruscas, que provoquen la pérdida de estabilidad de la carga

#### **1.5.4.6. Hormigonera**

- Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica
- La hormigonera tendrá un grado de protección IP-55
- Su uso estará restringido sólo a personas autorizadas
- Dispondrá de freno de basculamiento del bombo
- Los conductos de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial
- Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra
- No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados

#### **1.5.4.7. Vibrador**

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable
- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida cuando discorra por zonas de paso
- Tanto el cable de alimentación como su conexión al transformador estarán en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento
- Los operarios no efectuarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si es necesario, esta operación se realizará entre dos operarios
- El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas de trabajo seguras, no permaneciendo en ningún momento el operario sobre el encofrado ni sobre elementos inestables
- Nunca se abandonará el vibrador en funcionamiento, ni se desplazará tirando de los cables
- Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, no superará 2,5 m/s<sup>2</sup>, siendo el valor límite de 5 m/s<sup>2</sup>

#### **1.5.4.8. Martillo picador**

- Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal
- No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha
- Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras
- Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo

#### **1.5.4.9. Maquinillo**

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice el maquinillo estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Previamente al inicio de cualquier trabajo, se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, del cable de suspensión de cargas y de las eslingas
- Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impide el choque de la carga contra el extremo superior de la pluma
- Dispondrá de marcado CE, de declaración de conformidad y de manual de instrucciones emitido por el fabricante
- Quedará claramente visible el cartel que indica el peso máximo a elevar

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- Se acotará la zona de la obra en la que exista riesgo de caída de los materiales transportados por el maquinillo
- Se revisará el cable a diario, siendo obligatoria su sustitución cuando el número de hilos rotos sea igual o superior al 10% del total
- El anclaje del maquinillo se realizará según se indica en el manual de instrucciones del fabricante
- El arriostramiento nunca se hará con bidones llenos de agua, de arena u de otro material
- Se realizará el mantenimiento previsto por el fabricante

#### **1.5.4.10. Sierra circular**

- Su uso está destinado exclusivamente al corte de elementos o piezas de la obra
- Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra
- Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando
- La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo
- No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas

#### **1.5.4.11. Sierra circular de mesa**

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice la sierra circular estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios
- Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos
- La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco
- La parte superior de la sierra dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas
- Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de modo que en ningún caso la mano quede expuesta al disco de la sierra
- La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo

#### **1.5.4.12. Cortadora de material cerámico**

- Se comprobará el estado del disco antes de iniciar cualquier trabajo. Si estuviera desgastado o resquebrajado se procederá a su inmediata sustitución
- la protección del disco y de la transmisión estará activada en todo momento
- No se presionará contra el disco la pieza a cortar para evitar el bloqueo

#### **1.5.4.13. Equipo de soldadura**

- No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura
- Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte
- Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada
- Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo
- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto

#### **1.5.4.14. Herramientas manuales diversas**

- La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento
- El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas
- No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante
- Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares
- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas a tierra
- En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección
- Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos
- Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos
- Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos

#### **1.6. Identificación de los riesgos laborales evitables**

En este apartado se reseña la relación de las medidas preventivas a adoptar para evitar o reducir el efecto de los riesgos más frecuentes durante la ejecución de la obra.

##### **1.6.1. Caídas al mismo nivel**

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se habilitarán y balizarán las zonas de acopio de materiales

##### **1.6.2. Caídas a distinto nivel**

- Se dispondrán escaleras de acceso para salvar los desniveles
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas
- Se mantendrán en buen estado las protecciones de los huecos y de los desniveles
- Las escaleras de acceso quedarán firmemente sujetas y bien amarradas

##### **1.6.3. Polvo y partículas**

- Se regará periódicamente la zona de trabajo para evitar el polvo
- Se usarán gafas de protección y mascarillas antipolvo en aquellos trabajos en los que se genere polvo o partículas

##### **1.6.4. Ruido**

- Se evaluarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo
- Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico
- Se dispondrán los medios necesarios para eliminar o amortiguar los ruidos

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **1.6.5. Esfuerzos**

- Se evitará el desplazamiento manual de las cargas pesadas
- Se limitará el peso de las cargas en caso de desplazamiento manual
- Se evitarán los sobreesfuerzos o los esfuerzos repetitivos
- Se evitarán las posturas inadecuadas o forzadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas

#### **1.6.6. Incendios**

- No se fumará en presencia de materiales fungibles ni en caso de existir riesgo de incendio

#### **1.6.7. Intoxicación por emanaciones**

- Los locales y las zonas de trabajo dispondrán de ventilación suficiente
- Se utilizarán mascarillas y filtros apropiados

#### **1.7. Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse**

Los riesgos que difícilmente pueden eliminarse son los que se producen por causas inesperadas (como caídas de objetos y desprendimientos, entre otras). No obstante, pueden reducirse con el adecuado uso de las protecciones individuales y colectivas, así como con el estricto cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud, y de las normas de la buena construcción.

##### **1.7.1. Caída de objetos**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se montarán marquesinas en los accesos
- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se evitará el amontonamiento de materiales u objetos sobre los andamios
- No se lanzarán cascotes ni restos de materiales desde los andamios

Equipos de protección individual (EPI)

- Casco de seguridad homologado
- Guantes y botas de seguridad
- Uso de bolsa portaherramientas

##### **1.7.2. Dermatitis**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se evitará la generación de polvo de cemento

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y ropa de trabajo adecuada

##### **1.7.3. Electroclusiones**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Se revisará periódicamente la instalación eléctrica
- El tendido eléctrico quedará fijado a los paramentos verticales
- Los alargadores portátiles tendrán mango aislante
- La maquinaria portátil dispondrá de protección con doble aislamiento
- Toda la maquinaria eléctrica estará provista de toma de tierra

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes dieléctricos
- Calzado aislante para electricistas
- Banquetas aislantes de la electricidad

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

#### **1.7.4. Quemaduras**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes, polainas y mandiles de cuero

#### **1.7.5. Golpes y cortes en extremidades**

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI)

- Guantes y botas de seguridad

### **1.8. Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento**

En este apartado se aporta la información útil para realizar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido que entrañan mayores riesgos.

#### **1.8.1. Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas**

Para los trabajos en cerramientos, aleros de cubierta, revestimientos de paramentos exteriores o cualquier otro que se efectúe con riesgo de caída en altura, deberán utilizarse andamios que cumplan las condiciones especificadas en el presente estudio básico de seguridad y salud.

Durante los trabajos que puedan afectar a la vía pública, se colocará una visera de protección a la altura de la primera planta, para proteger a los transeúntes y a los vehículos de las posibles caídas de objetos.

#### **1.8.2. Trabajos en instalaciones**

Los trabajos correspondientes a las instalaciones de fontanería, eléctrica y de gas, deberán realizarse por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones establecidas en su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, así como en la normativa vigente en cada materia.

Antes de la ejecución de cualquier trabajo de reparación o de mantenimiento de los ascensores y montacargas, deberá elaborarse un Plan de Seguridad suscrito por un técnico competente en la materia.

#### **1.8.3. Trabajos con pinturas y barnices**

Los trabajos con pinturas u otros materiales cuya inhalación pueda resultar tóxica deberán realizarse con ventilación suficiente, adoptando los elementos de protección adecuados.

### **1.9. Trabajos que implican riesgos especiales**

En la obra objeto del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud concurren los riesgos especiales referidos en los puntos 1, 2 y 10 incluidos en el Anexo II. "Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores" del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre.

Estos riesgos especiales suelen presentarse en la ejecución de la estructura, cerramientos y cubiertas y en el propio montaje de las medidas de seguridad y de protección. Cabe destacar:

- Montaje de forjado, especialmente en los bordes perimetrales.
- Ejecución de cerramientos exteriores.
- Formación de los antepechos de cubierta.
- Colocación de horcas y redes de protección.
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas
- Disposición de plataformas voladas.
- Elevación y acople de los módulos de andamiaje para la ejecución de las fachadas.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **1.10. Medidas en caso de emergencia**

El contratista deberá reflejar en el correspondiente plan de seguridad y salud las posibles situaciones de emergencia, estableciendo las medidas oportunas en caso de primeros auxilios y designando para ello a personal con formación, que se hará cargo de dichas medidas.

Los trabajadores responsables de las medidas de emergencia tienen derecho a la paralización de su actividad, debiendo estar garantizada la adecuada administración de los primeros auxilios y, cuando la situación lo requiera, el rápido traslado del operario a un centro de asistencia médica.

### **1.11. Presencia de los recursos preventivos del contratista**

Dadas las características de la obra y los riesgos previstos en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada contratista deberá asignar la presencia de sus recursos preventivos en la obra, según se establece en la legislación vigente en la materia.

A tales efectos, el contratista deberá concretar los recursos preventivos asignados a la obra con capacitación suficiente, que deberán disponer de los medios necesarios para vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el correspondiente plan de seguridad y salud.

Dicha vigilancia incluirá la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas en dicho Plan, así como la adecuación de tales actividades a los riesgos que pretenden prevenirse o a la aparición de riesgos no previstos y derivados de la situación que determina la necesidad de la presencia de los recursos preventivos.

Si, como resultado de la vigilancia, se observa un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas que tengan asignada la presencia harán las indicaciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas oportunas para corregir las deficiencias observadas.

*Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso*

*Autor: Silvia Sartal García.*

## **2.1. Y. Seguridad y salud**

### **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 10 de noviembre de 1995

Completada por:

#### **Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificada por:

#### **Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social**

Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

Modificación de los artículos 45, 47, 48 y 49 de la Ley 31/1995.

B.O.E.: 31 de diciembre de 1998

Completada por:

#### **Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal**

Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 24 de febrero de 1999

Completada por:

#### **Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completada por:

#### **Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico**

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completada por:

#### **Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de junio de 2003

Modificada por:

#### **Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales**

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 13 de diciembre de 2003

Desarrollada por:

#### **Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales**

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 2004

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Completada por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas**

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completada por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completada por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificada por:

**Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

**Reglamento de los Servicios de Prevención**

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 1997

Completado por:

**Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

**Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención**

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Completado por:

**Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

**Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico**

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completado por:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas**

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

**Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

**Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención**

Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración.

B.O.E.: 23 de marzo de 2010

**Seguridad y Salud en los lugares de trabajo**

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

**Manipulación de cargas**

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

**Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

**Modificación del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y ampliación de su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos**

Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 5 de abril de 2003

Completado por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

### **Utilización de equipos de trabajo**

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 7 de agosto de 1997

Modificado por:

**Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura**

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de noviembre de 2004

### **Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 25 de octubre de 1997

Completado por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

**Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

**Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción**

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Disposición final tercera. Modificación de los artículos 13 y 18 del Real Decreto 1627/1997.

B.O.E.: 25 de agosto de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 12 de septiembre de 2007

#### **2.1.1. YC. Sistemas de protección colectiva**

##### **2.1.1.1. YCU. Protección contra incendios**

**Disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión**

Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 31 de mayo de 1999

Completado por:

*Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso*

*Autor: Silvia Sartal García.*

**Publicación de la relación de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos a presión**

Resolución de 28 de octubre de 2002, de la Dirección General de Política Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: 4 de diciembre de 2002

**Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias**

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 5 de febrero de 2009

Corrección de errores:

**Corrección de errores del Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias**

B.O.E.: 28 de octubre de 2009

Modificado por:

**Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

**Señalización de seguridad y salud en el trabajo**

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

**Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

**2.1.2. YI. Equipos de protección individual**

**Real Decreto por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual**

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, del Ministerio de Relaciones con la Cortes y de la Secretaría del Gobierno.

B.O.E.: 28 de diciembre de 1992

Modificado por:

**Modificación del Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 8 de marzo de 1995

Corrección de errores:

**Corrección de erratas del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual**

B.O.E.: 22 de marzo de 1995

Completado por:

**Resolución por la que se publica, a título informativo, información complementaria establecida por el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual**

Resolución de 25 de abril de 1996 de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 28 de mayo de 1996

Modificado por:

**Modificación del anexo del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, que modificó a su vez el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, relativo a las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual**

Orden de 20 de febrero de 1997, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 6 de marzo de 1997

Completado por:

**Resolución por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 18 de marzo de 1998, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial**

Resolución de 29 de abril de 1999 del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 29 de junio de 1999

### **Utilización de equipos de protección individual**

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 12 de junio de 1997

Corrección de errores:

**Corrección de erratas del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual**

Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de julio de 1997

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

**Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

### **2.1.3. YM. Medicina preventiva y primeros auxilios**

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **2.1.3.1. YMM. Material médico**

#### **Orden por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo, como parte de la acción protectora del sistema de la Seguridad Social**

Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 11 de octubre de 2007

### **2.1.4. YP. Instalaciones provisionales de higiene y bienestar**

#### **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

**Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre**

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de abril de 2009

#### **Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano**

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de febrero de 2003

#### **Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

#### **Decreto polo que se regulan os criterios sanitarios para a prevención da contaminación por legionella nas instalacións térmicas**

Decreto 9/2001, do 11 de xaneiro, de la Consellería da Presidencia e Administración Pública de la Comunidade Autónoma de Galicia.

D.O.G.: 15 de xaneiro de 2001

#### **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51**

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002

Modificado por:

**Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03**

Sentencia de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

*Tutor: Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.*  
*Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso*

*Autor: Silvia Sartal García.*

B.O.E.: 5 de abril de 2004

Completado por:

**Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico**

Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial.

B.O.E.: 19 de febrero de 1988

Modificado por:

**Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

**Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones**

Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 1 de abril de 2011

Desarrollado por:

**Orden por la que se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo**

Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 16 de junio de 2011

## **2.1.5. YS. Señalización provisional de obras**

### **2.1.5.1. YSB. Balizamiento**

#### **Instrucción 8.3-IC Señalización de obras**

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

#### **Señalización de seguridad y salud en el trabajo**

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

**Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

**2.1.5.2. YSH. Señalización horizontal**

**Instrucción 8.3-IC Señalización de obras**

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

**2.1.5.3. YSV. Señalización vertical**

**Instrucción 8.3-IC Señalización de obras**

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

**2.1.5.4. YSN. Señalización manual**

**Instrucción 8.3-IC Señalización de obras**

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

**2.1.5.5. YSS. Señalización de seguridad y salud**

**Señalización de seguridad y salud en el trabajo**

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

**Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

**Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### **3.1. Pliego de cláusulas administrativas**

#### **3.1.1. Disposiciones generales**

##### **3.1.1.1. Objeto del Pliego de condiciones**

El presente Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de Vivienda unifamiliar con semisótano, planta alta y bajo cubierta en Vilagarcía de Arousa, situada en Vilagarcía de Arousa (Pontevedra), según el proyecto redactado por . Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido.

#### **3.1.2. Disposiciones facultativas**

##### **3.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación**

Las atribuciones y las obligaciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas en sus aspectos generales por la Ley 38/99, de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Las garantías y responsabilidades de los agentes y trabajadores de la obra frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo en materia de seguridad y salud, son las establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997 "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

##### **3.1.2.2. El Promotor**

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Tiene la responsabilidad de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud - o Estudio Básico, en su caso - al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción, facilitando copias a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados directamente por el Promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

El Promotor tendrá la consideración de Contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma, excepto en los casos estipulados en el Real Decreto 1627/1997.

##### **3.1.2.3. El Projectista**

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Tomará en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y de salud, de acuerdo con la legislación vigente.

##### **3.1.2.4. El Contratista y Subcontratista**

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997:

Contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

El Contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D.1627/1997, de 24 de octubre.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

Supervisará de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del contratista y de los subcontratistas en materia de seguridad y salud, cabe destacar las contenidas en el artículo 11 "Obligaciones de los contratistas y subcontratistas" del R.D. 1627/1997.

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en la Ley, durante la ejecución de la obra.

Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo referente a su seguridad y salud en la obra.

Atender las indicaciones y consignas del coordinador en materia de seguridad y salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obra.

Responderán de la correcta ejecución de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

### **3.1.2.5. La Dirección Facultativa**

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997, se entiende como Dirección Facultativa:

El técnico o los técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección facultativa y del Promotor, no eximen en ningún caso de las atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

### **3.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto**

Es el técnico competente designado por el Promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud.

### **3.1.2.7. Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución**

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el Promotor, que forma parte de la Dirección Facultativa.

Asumirá las tareas y responsabilidades asociadas a las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

### **3.1.2.8. Trabajadores Autónomos**

Es la persona física, distinta del contratista y subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de contratista o subcontratista.

Los trabajadores autónomos cumplirán lo establecido en el plan de seguridad y salud.

### **3.1.2.9. Trabajadores por cuenta ajena**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones.

### **3.1.2.10. Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción**

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información que indique la forma correcta de utilización por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.

### **3.1.2.11. Recursos preventivos**

Con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, según lo establecido en la Ley 31/95, Ley 54/03 y Real Decreto 604/06, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la Dirección Facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

### **3.1.3. Formación en Seguridad**

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente formación en las materias preventivas de seguridad y salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

### **3.1.4. Reconocimientos médicos**

La vigilancia del estado de salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

Dicha vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

### **3.1.5. Salud e higiene en el trabajo**

#### **3.1.5.1. Primeros auxilios**

El empresario designará al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios.

El Contratista instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

#### **3.1.5.2. Actuación en caso de accidente**

En caso de accidente se tomarán solamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad.

Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal.

No se le suministrará agua, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

### **3.1.6. Documentación de obra**

#### **3.1.6.1. Estudio Básico de Seguridad y Salud**

Es el documento elaborado por el técnico competente designado por el Promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsible trabajos posteriores.

#### **3.1.6.2. Plan de seguridad y salud**

En aplicación del presente estudio básico de seguridad y salud, cada Contratista elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra aprobará el plan de seguridad y salud antes del inicio de la misma.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma, siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos y de la Dirección Facultativa.

#### **3.1.6.3. Acta de aprobación del plan**

El plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección Facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

deberá emitir un acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

#### **3.1.6.4. Comunicación de apertura de centro de trabajo**

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente será previa al comienzo de los trabajos y se presentará únicamente por los empresarios que tengan la consideración de contratistas.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

#### **3.1.6.5. Libro de incidencias**

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso la Dirección Facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá notificar al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Cuando las anotaciones se refieran a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación anterior.

#### **3.1.6.6. Libro de órdenes**

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la Dirección Facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

#### **3.1.6.7. Libro de visitas**

El libro de visitas deberá estar en obra, a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro lo habilitará el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo o los siguientes, será necesario presentar el anterior. En caso de pérdida o destrucción, el representante legal de la empresa deberá justificar por escrito los motivos y las pruebas. Una vez agotado un libro, se conservará durante 5 años, contados desde la última diligencia.

#### **3.1.6.8. Libro de subcontratación**

El contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

El libro de subcontratación cumplirá las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006 de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, en particular el artículo 15 "Contenido del Libro de Subcontratación" y el artículo 16 "Obligaciones y derechos relativos al Libro de Subcontratación".

Al libro de subcontratación tendrán acceso el Promotor, la Dirección Facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, las empresas y trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervengan en la ejecución de la obra.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

### 3.1.7. Disposiciones Económicas

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra, se fija en el pliego de condiciones del proyecto o en el correspondiente contrato de obra entre el Promotor y el contratista, debiendo contener al menos los puntos siguientes:

- Fianzas
- De los precios
  - Precio básico
  - Precio unitario
  - Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
  - Precios contradictorios
  - Reclamación de aumento de precios
  - Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios
  - De la revisión de los precios contratados
  - Acopio de materiales
  - Obras por administración
- Valoración y abono de los trabajos
- Indemnizaciones Mutuas
- Retenciones en concepto de garantía
- Plazos de ejecución y plan de obra
- Liquidación económica de las obras
- Liquidación final de la obra

### 3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares

#### 3.2.1. Medios de protección colectiva

Los medios de protección colectiva se colocarán según las especificaciones del plan de seguridad y salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado de forma periódica (cada semana) por el Delegado de Prevención.

#### 3.2.2. Medios de protección individual

Dispondrán de marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, traducidos a la lengua oficial.

Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitaciones límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.

#### 3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort

Los locales destinados a instalaciones provisionales de salud y confort tendrán una temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad adecuadas para su uso. Los revestimientos de los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permita la limpieza con desinfectantes o antisépticos.

**Tutor:** Prof. D. Francisco Javier López Rivadulla.  
Prof. Dña. Patricia Alonso Alonso

**Autor:** Silvia Sartal García.

El Contratista mantendrá las instalaciones en perfectas condiciones sanitarias (limpieza diaria), estarán provistas de agua corriente fría y caliente y dotadas de los complementos necesarios para higiene personal, tales como jabón, toallas y recipientes de desechos.

### **3.2.3.1. Vestuarios**

Serán de fácil acceso, estarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Se dispondrá una superficie mínima de 2 m<sup>2</sup> por cada trabajador destinada a vestuario, con una altura mínima de 2,30 m.

Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

### **3.2.3.2. Aseos y duchas**

Estarán junto a los vestuarios y dispondrán de instalación de agua fría y caliente, ubicando al menos una cuarta parte de los grifos en cabinas individuales con puerta con cierre interior.

Las cabinas tendrán una superficie mínima de 2 m<sup>2</sup> y una altura mínima de 2,30 m.

La dotación mínima prevista para los aseos será de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen en la misma jornada
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción
- 1 lavabo por cada retrete
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

### **3.2.3.3. Retretes**

Serán de fácil acceso y estarán próximos al área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas de dimensiones mínimas 1,2x1,0 m con altura de 2,30 m, sin visibilidad desde el exterior y provistas de percha y puerta con cierre interior.

Dispondrán de ventilación al exterior, pudiendo no tener techo siempre que comuniquen con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Tendrán descarga automática de agua corriente y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillado se dispondrá de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

### **3.2.3.4. Comedor y cocina**

Los locales destinados a comedor y cocina estarán equipados con mesas, sillas de material lavable y vajilla, y dispondrán de calefacción en invierno. Quedarán separados de las áreas de trabajo y de cualquier fuente de contaminación ambiental.

En el caso de que los trabajadores lleven su propia comida, dispondrán de calentaplatos, prohibiéndose fuera de los lugares previstos la preparación de la comida mediante fuego, brasas o barbacoas.

La superficie destinada a la zona de comedor y cocina será como mínimo de 2 m<sup>2</sup> por cada operario que utilice dicha instalación.