



Renovación energética de una vivienda unifamiliar.

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE GALICIA Y DINAMARCA

CRISTINA FERREIRO CASTRO

TUTORES:

JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ

GUMERSINDA SEARA PAZ

Departamento Tecnología de la Construcción
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica

AGRADECIMIENTOS

En esta página se agradece a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este Trabajo de Fin de grado. Quiero agradecer a mi familia y compañeros que por su apoyo incondicional han hecho posible que esta carrera fuese una experiencia inolvidable.

Agradecer en concreto a mis tutores Juan Luis Pérez y Gumersinda Seara por sus correcciones, sugerencias y por todo su tiempo y dedicación en este proyecto.

RESUMEN

Este trabajo de fin de grado compara las diferencias entre Dinamarca y España en materia de rehabilitación energética de edificios, y para ello, se emplea un caso concreto de una vivienda unifamiliar con el fin de conseguir su mejora energética y certificación cuando se encuentre ubicada en el Concello de Culleredo (España), y ubicada en Dinamarca.

Una vez analizado el estado energético actual (Clasificación D) en ambos países, se han ido incorporando diferentes soluciones a la vivienda analizando el ahorro energético que supone cada una de ellas, tanto en España como en Dinamarca. Posteriormente se ha realizado un estudio de viabilidad económica para encontrar la solución final más rentable para cada país, consiguiendo una calificación de eficiencia energética del tipo A.

PALABRAS CLAVE

- Eficiencia energética
- Clasificación energética
- Energías renovables
- BIM

ABSTRACT

The following report compares the differences between Spain and Denmark in terms of energy renovation of buildings. To achieve this aim, the energy efficiency of a single family house will be improved in Culleredo (Spain) in order to get a better certification, and also simulating the same house placed in Denmark.

When the current energy situation has been calculated (D classification), the new improvements have been incorporated to the house. The energy savings of each improvement have been analysed in both countries. Later on, the economic study has been done in order to get more feasible solutions for Spain and Denmark.

KEYWORDS

- Energy efficiency
- Energy classification
- Renewable energies
- BIM

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT	4
KEYWORDS	4
CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
1 INTRODUCCIÓN	10
1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
2 MARCO NORMATIVO	14
2.1 MARCO NORMATIVO DANÉS	15
3 FUNDAMENTOS	16
3.1 MEDIDAS PASIVAS	16
3.1.1 INCORPORACIÓN DE AISLAMIENTO EN LA ENVOLVENTE	16
3.1.2 VENTANAS DE TRIPLE ACRISTALAMIENTO	17
3.1.3 RECAMBIO DE VIDRIOS DE DOBLE ACRISTALAMIENTO	18
3.2 MEDIDAS ACTIVAS	19
3.2.1 INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERADOR DE CALOR	19
3.2.2 INSTALACIÓN DE BOMBA DE CALOR	20
3.2.3 INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES	22
3.3 SOFTWARE EMPLEADO	23
3.3.1 BE 10	23
3.3.2 HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER	23
4 ESTADO ACTUAL	24
MEMORIA DESCRIPTIVA	24
4.1.1 EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN	24
4.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO	24
4.2 MEMORIA CONSTRUCTIVA	25
4.2.1 SISTEMA ESTRUCTURAL	25
4.2.2 SISTEMA ENVOLVENTE	25
4.2.3 SISTEMA DE INSTALACIONES	28
4.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESTADO ACTUAL	29
4.3.1 INTRODUCCIÓN	29
4.3.2 ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO	29

4.3.3	DEMANDA ENERGÉTICA Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	30
5	MEJORAS ENERGÉTICAS	34
5.1	INTRODUCCIÓN.....	34
5.2	MEJORA DE ENVOLVENTE	34
5.2.1	FACHADAS	35
5.2.2	CUBIERTA.....	40
5.2.3	FORJADO	42
5.2.4	DEMANDA ENERGÉTICA Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	43
5.2.5	CARPINTERÍA EXTERIOR.....	44
5.2.6	SIMULACIÓN EN DINAMARCA	47
5.3	MEJORA DE LAS INSTALACIONES	49
5.3.1	VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR	49
5.3.2	INSTALACIÓN DE BOMBA DE CALOR	57
5.3.3	PANELES FOTOVOLTAICOS.....	60
5.4	RESUMEN DE RESULTADOS	62
5.4.1	RESUMEN DE PRESUPUESTO	63
5.5	AMORTIZACIÓN	64
5.5.1	AISLAMIENTO	65
5.5.2	VENTANAS	66
5.5.3	AISLAMIENTO Y VENTANAS	66
5.5.4	AISLAMIENTO Y BOMBA DE CALOR	67
5.5.5	AISLAMIENTO, VENTANAS Y BOMBA DE CALOR	67
5.5.6	AISLAMIENTO, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS	68
5.5.7	ENVOLVENTE, VENTANAS, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS	68
5.5.8	ENVOLVENTE, VENTANAS, VENTILACIÓN, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS	69
5.6	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	69
5.7	SOLUCIÓN ADOPTADA EN DINAMARCA.....	70
5.7.1	RESULTADO FINAL	72
6	CONCLUSIONES.....	74
7	BIBLIOGRAFÍA.....	76
8	ANEXOS	78
8.1	ANEXO 1. INTERPRETACIÓN PROGRAMA BE 10	78
8.1.1	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	78
8.1.2	MUROS EXTERIORES, FORJADOS Y CUBIERTAS	79
8.1.3	CIMENTACIONES	79
8.1.4	WINDOWS.....	80
8.1.5	SHADINGS.....	80

8.1.6	UNHEATED ROOM	81
8.1.7	VENTILATION	81
8.1.8	INTERNAL HEAT SUPPLY	81
8.1.9	HEAT DISTRIBUTION PLAN	81
8.1.10	BOILER.....	83
8.1.11	RESULTS	84
8.2	ANEXO 2. INTERPRETACIÓN PROGRAMA HULC	85
8.2.1	DATOS ADMINISTRATIVOS Y GENERALES	85
8.2.2	DESCRIPCIÓN GEOMETRICA.....	85
8.2.3	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	86
8.2.4	RESULTADOS	86
8.3	ANEXO 3. INFORMES FINALES DE CERTIFICACIÓN ESTADO ACTUAL	87
8.4	ANEXO 5. DATOS TÉCNICOS DE AISLAMIENTOS	96
8.5	ANEXO 6. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN.....	109
8.5.1	CAUDAL DE AIRE	109
8.5.2	SISTEMA DE CONDUCTOS	110
8.5.3	PÉRDIDA DE PRESIÓN.....	112
8.5.4	PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL	116
8.6	ANEXO 7. DATOS TÉCNICOS DE UNIDAD DE VENTILACIÓN	117
8.7	ANEXO 8. DATOS TÉCNICOS DE BOMBA DE CALOR	130
8.8	ANEXO 9. DATOS TÉCNICOS DE PANELES SOLARES	132
8.9	ANEXO 10. PRESUPUESTO	135
ANEXO 11.	INFORME FINAL DE CERTIFICACIÓN	140
8.10	ANEXO 12. PLANOS	153

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RESUMEN DE CERTIFICACIONES ENERGÉTICAS	33
TABLA 2 DATOS ENERGÉTICOS DEL ESTADO ACTUAL.....	34
TABLA 3 REQUISITOS DE LAS TRANSMITANCIAS TÉRMICAS (W/M ² K).....	35
TABLA 4 COMPARACIÓN DE AISLAMIENTOS PARA FACHADA	36
TABLA 5 COMPARACIÓN DE AISLAMIENTOS PARA CUBIERTA.....	40
TABLA 6 COMPARACIÓN DE AISLAMIENTOS PARA FORJADO	42
TABLA 7 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO (ENVOLVENTE)	43
TABLA 8 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO (VENTANAS DE TRIPLE ACRISTALAMIENTO)	45
TABLA 9 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO (VENTANAS DE DOBLE ACRISTALAMIENTO)	46
TABLA 10 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO (ENVOLVENTE Y VENTANAS DE DOBLE ACRISTALAMIENTO).....	46
TABLA 11 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO EN DINAMARCA (VENTANAS DOBLES Y TRIPLES)	48
TABLA 12 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO EN DINAMARCA (ENVOLVENTE Y VENTANAS DOBLES)	48
TABLA 13 TIPO DE VENTILACIÓN SEGÚN HABITACIÓN	49
TABLA 14 CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÍNIMOS	51
TABLA 15 VELOCIDAD DEL AIRE SEGÚN EL TIPO DE CONDUCTO	52
TABLA 16 DIÁMETROS PARA CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN.....	53
TABLA 17 DIÁMETRO PARA CONDUCTOS DE SUMINISTRO	53
TABLA 18 PÉRDIDA DE PRESIÓN DEL CAMINO CRÍTICO	54
TABLA 19 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO (VENTILACIÓN)	55
TABLA 20 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO EN DINAMARCA (VENTILACIÓN)	57
TABLA 21 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO (BOMBA DE CALOR).....	58
TABLA 22 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO EN DINAMARCA (BOMBA DE CALOR).....	59
TABLA 23 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO (PANELES FOTOVOLTAICOS)	61
TABLA 24 RESULTADOS ENERGÉTICOS ESTADO MODIFICADO EN DINAMARCA (PANELES FOTOVOLTAICOS)	62
TABLA 25 RESUMEN DE LOS CONSUMOS	63
TABLA 26 RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	63
TABLA 27 RENTABILIDAD	64
TABLA 28 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE AISLAMIENTO	65
TABLA 29 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE VENTANAS	66
TABLA 30 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE AISLAMIENTO Y VENTANAS	66
TABLA 31 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE AISLAMIENTO Y BOMBA DE CALOR	67
TABLA 32 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE AISLAMIENTO, VENTANAS Y BOMBA DE CALOR.....	67
TABLA 33 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE AISLAMIENTO, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS.	68
TABLA 34 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE ENVOLVENTE, VENTANAS, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS.....	68
TABLA 35 AÑOS DE AMORTIZACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN AISLAMIENTO, VENTANAS, BOMBA DE CALOR, VENTILACIÓN Y PANELES FOTOVOLTAICOS.	69
TABLA 36 RENTABILIDAD EN DINAMARCA	70
TABLA 37 RESUMEN DE LOS AÑOS DE AMORTIZACIÓN	71
TABLA 38 CERTIFICACIONES FINALES	72

TABLA 39 COMPARACIÓN FINAL ENTRE DINAMARCA Y ESPAÑA..... 74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 EFECTO INVERNADERO. (FUENTE:ELPTOHERTH)	10
FIGURA 2 CONSUMO DE ENERGÍA 2010 (FUENTE: PLAN DE ACCIÓN 2010.2020 IDAE)	12
FIGURA 4 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACRIALAMIENTOS. (FUENTE: PASSIVE HOUSE INSTITUTE)	18
FIGURA 5 SERVICIOS ENERGÉTICOS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES. (FUENTE: INSTITUTO DE INNOVACIÓN DE ARQUITECTURA EFICIENTE)	19
FIGURA 6 FUNCIONAMIENTO DE RECUPERADOR DE CALOR. (FUENTE: THE AIR CONDICTIONING COMPANY).....	20
FIGURA 7 FUNCIONAMIENTO BOMBA DE CALOR. (FUENTE: EFICIENCIA DE LAS BOMBAS DE CALOR. EFITEK.ES)	21
FIGURA 8 EMPLAZAMIENTO DE CULLEREDO. (FUENTE: GOOGLE MAPS).....	24
FIGURA 9 LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA. (FUENTE: GOOGLE MAPS).....	24
FIGURA 10 FOTOGRAFÍA DE LA FACHADA PRINCIPAL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	24
FIGURA 11 ESQUEMA ESTRUCTURAL. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	25
FIGURA 12 PARTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	25
FIGURA 13 RESULTADO DEL INFORME DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA (C1)	30
FIGURA 14 RESULTADO DEL INFORME DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA (D3)	30
FIGURA 15 DATOS FINALES BE10 (MADRID)	31
FIGURA 16 DATOS FINALES BE10 (DINAMARCA).....	32
FIGURA 17 PÉRDIDA DE ENERGÍA A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE. (FUENTE: AISLAMIENTO DE FACHADAS 2015. ISOVER)	34
FIGURA 18 AISLAMIENTO INTERIOR. (FUENTE: AISLAMIENTO DE FACHADAS 2015. ISOVER)	37
FIGURA 19 AISLAMIENTO EXTERIOR. (FUENTE: AISLAMIENTO DE FACHADAS 2015. ISOVER)	38
FIGURA 20 CARPINTERÍA TOP 90. (FUENTE: FINSTRAL VENTANAS).....	44
FIGURA 21 ACRIALAMIENTO SUPER-VALOR. (FUENTE: FINSTRAL VENTANAS)	44
FIGURA 22 ACRIALAMIENTO DOBLE PLUS-VALOR (FUENTE: FINSTRAL VENTANAS)	45
FIGURA 23 TRANSMITANCIAS TÉRMICAS RECOMENDADAS (FUENTE: DS418: CALCULATIONS OF HEAT LOSS FROM BUILDINGS).....	47
FIGURA 24 PRINCIPIO DE VENTILACIÓN CRUZADA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	49
FIGURA 25 ESQUEMA DE HABITACIONES Y ZONAS DE VENTILACIÓN. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) 50	
FIGURA 26 CAUDALES DE VENTILACIÓN MÍNIMOS. (FUENTE: CTE-DB-HE-3)	51
FIGURA 27 ESQUEMA DE CONDUCTOS DE VENTILACIÓN. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	52
FIGURA 28 UNIDAD DE VENTILACIÓN NILAN 300 LR. (FUENTE: CATÁLOGO NILAN)	54
FIGURA 29 GRÁFICA DE CONSUMO DE ENERGÍA. (FUENTE: INFORMACIÓN TÉCNICA NILAN 300LR)	54
FIGURA 30 GRÁFICA DE EFICACIA. (FUENTE: INFORMACIÓN TÉCNICA NILAN 300LR)	55
FIGURA 31 NÚMERO DE HORAS A TEMPERATURA 26º Y 27º. (FUENTE: BE10)	56
FIGURA 32 BOMBA DE AIRE (FUENTE: BOMBAS DE CALOR. VERANOINSTALACIONES)	57
FIGURA 33 BOMBA DE CALOR AQUAREA BIBLOC. (FUENTE: CATÁLOGO PANASONIC)	58
FIGURA 34 SITUACIÓN DE LA UNIDAD EXTERIOR E INTERIOR (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	58
FIGURA 35 TABLA DE CARACTERÍSTICAS DE PANALES AUTOSOLAR. (FUENTE: DATOS TÉCNICOS DE PANEL AUTOSOLAR)	60
FIGURA 36 PANEL AUTOSOLAR. (FUENTE: CATÁLOGO AUTOSOLAR).....	60
FIGURA 37 ENERGÍA GENERADA POR PANALES AUTOSOLAR.....	61

1 INTRODUCCIÓN

El calentamiento global se ha convertido en uno de los problemas más importantes en los que el ser humano tiene que lidiar actualmente. Existe una clara evidencia de que el cambio climático está pasando: los polos se derrite, aumenta el nivel del mar, eventos climatológicos extremos cada vez más y más frecuentes.

El efecto invernadero es el causante del calentamiento global, la radiación penetra en la atmósfera terrestre y la Tierra absorbe la radiación, emitiendo posteriormente energía al espacio. Algunos gases como el CO₂ impiden que esta energía escape, lo que aumenta la temperatura de la superficie terrestre.

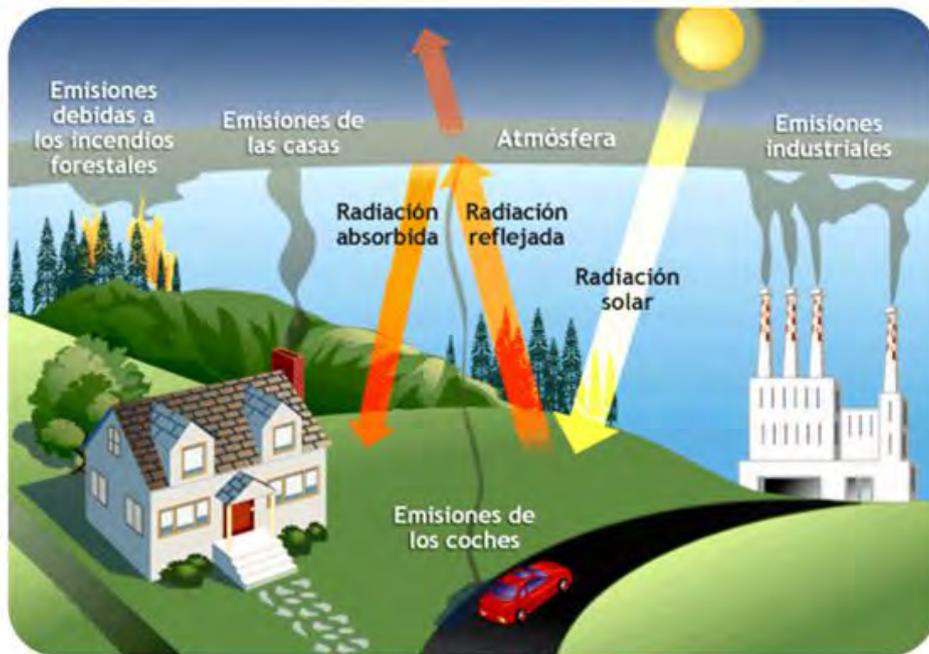


Figura 1 Efecto Invernadero. (Fuente:Elptotherth)

La población está aumentando y también la contaminación global. De acuerdo con esto, las mejoras e investigación en los recursos energéticos se tienen más en cuenta.

La Unión Europea por ejemplo, ha adquirido una serie de objetivos para 2020, 2030 y 2050 que están focalizados en la reducción de emisión de gases (hasta un 80-95%) y un incremento del uso de energías renovables (Al menos 27%). La *Energy Performance of Building Directive del 2010* y la *Energy Efficiency Directive del 2012*, son unas normas europeas focalizadas en conseguir esos objetivos, los puntos principales son:

- Exige los certificados de energía para la venta o renta del edificio.
- Las nuevas edificaciones deben de estar cerca de los edificios de cero emisiones para el 31 de Diciembre 2020.
- Los países de la Unión Europea deben exigir un mínimo comportamiento energético para los edificios de nueva construcción, rehabilitación de edificios y para sustituciones de sus sistemas de climatización.

El mundo de la edificación es responsable del 40% del consumo energético y del 36% de las emisiones de CO₂ en la Unión Europea. Mientras que los edificios nuevos necesitan menos del 3-5 litros de combustible para calefacción por metro cuadrado al año, los edificios antiguos consumen sobre 25 litros de media. Incluso pueden llegar a consumir 60 litros.

Actualmente, alrededor de un 35% de los edificios de la Unión Europea están por encima de los 50 años de vida, por lo tanto, mejorando la eficiencia energética de estos edificios, se puede llegar a reducir el consumo de energía en la UE un 5-6 % y reducir las emisiones de CO₂ un 5%.

A escala nacional, en España existen 25.2 millones de viviendas, el 21% de los cuales tienen más de 50 años y el 55% tienen una antigüedad superior a 1980, consumiendo la tercera parte de energía de nuestro país. Por lo tanto se podría alcanzar hasta un 15% del ahorro de energía.

Con estos datos podemos asegurar para conseguir un cambio hacia economías de bajo impacto ambiental y descarbonizadas se exige de la intervención en el parque construido, para disminuir su uso energético y emisividad de carbono. Esta intervención servirá para actualizar no sólo las prestaciones ambientales sino también la calidad de vida en las viviendas. La actualización de la edificación existente debe convertirse en una actividad económicamente viable, eficiente y productiva. Esta actualización se puede llevar a cabo mediante una rehabilitación energética, que consiste en la reducción de la demanda de energía y de las emisiones de CO₂ de la edificación.

La demanda de energía de los edificios depende de muchas variables, pero se puede afirmar que el mayor gasto se debe a la climatización (calefacción y refrigeración), que llegan a consumir un 42%, seguido del agua caliente sanitaria con un 26%, y el funcionamiento de electrodoméstico y cocinas con el 23%. Queda claro, que para reducir el consumo de energía, se necesitan unas instalaciones más eficientes.

Las emisiones de CO₂ podrán reducirse utilizando energías renovables para el funcionamiento de las instalaciones, como son por ejemplo la energía eólica, solar, biomasa, geotérmica o hidráulica. Como muestran los gráficos a continuación, el consumo energético en España está liderado por fuentes no renovables:

Como se muestra en el siguiente gráfico, España sufre una elevada dependencia de los combustibles fósiles, el petróleo y el gas natural representan más de la mitad de la energía primaria. Y solo un 13.2% corresponde a energías renovables.

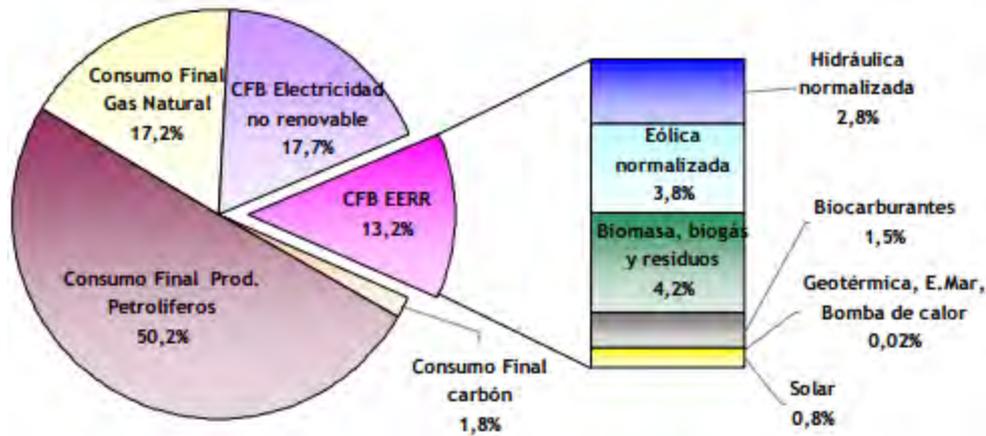


Figura 2 Consumo de energía 2010 (Fuente: Plan de acción 2010.2020 IDAE)

Cuando se habla de eficiencia energética de un edificio, se habla de la cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio. Para medir la eficiencia de un edificio, se tendrá que definir el concepto de certificación energética.

El certificado de eficiencia energética o certificado energético es un documento oficial redactado por un técnico competente que incluye información objetiva sobre las características energéticas del edificio. Por lo tanto, califica energéticamente un inmueble calculando el consumo anual de energía necesario para satisfacer la demanda energética de un edificio en condiciones normales de ocupación y funcionamiento.

El proceso de certificación energética concluye con la emisión de un certificado de eficiencia energética y la asignación de una etiqueta energética. La escala de calificación Energética es de siete letras y varía desde la letra A (edificio más eficiente) hasta la letra G (edificio menos eficiente).

1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

La finalidad de este trabajo de fin de grado, es desarrollar una solución de rehabilitación energética para una vivienda unifamiliar situada en Culleredo para comparar dicha solución con la simulación de la misma vivienda situada en Dinamarca. La propuesta es reducir la demanda energética y la emisión de CO₂, alcanzando una certificación energética de la letra A, siempre que la solución sea económicamente viable.

Para llegar a una solución final, se pretende analizar cada medida de mejora que se implemente a la casa, para conocer qué impacto tiene sobre la demanda energética en cada caso.

Este proyecto, estará focalizado en describir el proceso de rehabilitación energética tal y como se conoce en España, y compararlo con el proceso que se seguiría si la casa estuviese situada en Dinamarca.

Dinamarca es uno de los países pioneros en las certificaciones de eficiencia energética de los edificios. Desde 1997, la política danesa había implementado un proceso de calificación de la eficiencia, que más adelante, inspiraría a todos los países de la Unión Europea. La Directiva 2006/32/CEE sobre eficiencia energética de los edificios, está basada en la experiencia danesa.

Por ello, una comparación con un país más adelantado en tema de eficiencia energética, podrá mostrarnos medidas de mejora, así como guiarnos para seguir sus estándares.

Como resumen, el listado de los objetivos que se pretende conseguir:

- Reducir la demanda energética de la vivienda
- Conseguir una clasificación energética clase A
- Implementar el uso de energías renovables
- Reunir las diferencias entre Dinamarca y España sobre la eficiencia energética en edificios.

2 MARCO NORMATIVO

Para entender mejor la normativa actual, debemos hacer mención a la evolución histórica que ésta ha sufrido en España en cuanto a eficiencia energética de los edificios:

En 1980 comienza la aplicación de NBE CT-79, norma básica de condiciones térmicas de los edificios, primera normativa española que exige la colocación de aislamiento térmico.

Desde los años 80 hasta el año 2006, con la llegada de Código Técnico de la Edificación CTE, la solución de ladrillo a medio pie, cámara de aire y aislamiento más tabique interior, ha sido la solución más utilizada en los edificios, durante aproximadamente 24 años.

En el año 2002 en Europa nace la Directiva europea 2002/91/CE de eficiencia energética en edificios, y como plazo máximo debe de estar adaptada en países miembro cuatro años después, en Enero de 2006. No es hasta ese año cuando España transpone la directiva a través del Documento Básico de Ahorro de Energía (HE) del Código Técnico de la Edificación, y el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE). Este documento establece unas exigencias en la disminución de la demanda de energía, mejoras en la eficiencia energética de las instalaciones térmicas e iluminación, así como la aportación de un mínimo de energías renovables, para la producción de agua caliente sanitaria y eléctrica. Este documento introduce unas mejoras de entre el 25% y el 30% en la demanda de energía.

En el año 2010 aparece una nueva Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética en edificios, introduciendo conceptos como el marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos; introduce el concepto de edificios de consumo energético casi nulo y establece unas fechas para su aplicación (31 de Diciembre de 2020) a todos los nuevos edificios. Por otra parte, desarrolla el Certificado de Eficiencia Energética y se establecen unas inspecciones para calderas y aire acondicionado.

En noviembre de 2012 Europa publica la última y actual Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios. Esta directiva, complementa a la Directiva 2010, en unos aspectos. Intenta conseguir el objetivo marcado del 20% de ahorro de energía, dentro del Plan 20/20/20 de lucha contra el cambio climático.

En junio de 2013 se aprueba el RD 235/2013 sobre Certificación energética de edificios existentes. Un años después de su entrada en vigor, solo han sido certificadas 6% de las viviendas existentes, obteniendo el 85% de las mismas una calificación energética de tipo E o inferior. En 2013, aparecen también:

- RD 233/2013, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016.
- RD 237/2013, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del reglamento de instalaciones térmicas (RITE)
- Ley 8/2013 de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.

En marzo 2014 entra en vigor el nuevo DB-HE del Código Técnico de la Edificación, que establece unos valores más exigentes en la transmitancia térmica de la fachada.

En julio 2014, se publica en el BOE el RD Ley 8/2014 de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia. Según este Real Decreto, una de las principales medidas que se adoptan, es la obligación de instalar contadores de consumo individuales para el suministro de calefacción, refrigeración o agua caliente sanitaria a partir de una calefacción urbana o de una fuente central que abastezca a varios edificios, antes del 1 de enero de 2017.

2.1 MARCO NORMATIVO DANÉS

La “*Building Regulation 2010*” (BR 10) contiene las reglas de construcción de los edificios de Dinamarca que sustituye a la anterior BR08.

La BR10 está dividida en dos columnas, la columna de la izquierda contiene los requerimientos legales, y la columna de la derecha contiene las guías y comentarios a los requerimientos legales, así como hacer referencia a las normas complementarias que regulan áreas concretas. Estas normas complementarias a la BR10 pueden ser de dos tipos:

- SBI GUIDELINES: Redactadas por The Danish Enterprise and Construction Authority. Estas guías son documentos de apoyo a la norma BR10.
- DANISH STANDARD: Documentos que proporcionan suficiente conocimiento técnico sobre temas específicos tratados en la BR10.

Actualmente entrará en vigor la ley *Building Regulations 2020*, la cual define un nivel de eficiencia energética en donde la energía primaria total no podrá superar los 20 kWh/m² al año. Sabiendo esto, aun siguiendo con la normativa BR10, el sector edificatorio intenta superar los requerimientos que exige la BR10. Anterior a esta nueva ley estaba en proyecto la aprobación de *Building Regulations 2015* donde se exigían menos transmitancia térmica a la envolvente, pero debido a la rápida acogida del 2020, nunca se ha llegado a publicar.

3 FUNDAMENTOS

3.1 MEDIDAS PASIVAS

Las medidas pasivas son aquellas que se incorporan en un edificio y no precisan de una puesta en marcha. Las medidas pasivas que se implementaran en la vivienda de estudio serán las siguientes:

3.1.1 INCORPORACIÓN DE AISLAMIENTO EN LA ENVOLVENTE

Un mal aislamiento incrementa el consumo de calefacción y refrigeración, por lo tanto, se debe prestar especial atención a las pérdidas caloríficas las cuales deben ser eliminadas mediante un buen aislamiento. Al disminuir las pérdidas caloríficas se consigue una reducción de la demanda de calefacción, por lo que es muy recomendable en climas fríos, por lo que en Galicia será un cambio adecuado. Así mismo, deberá priorizarse el aislamiento en la fachada norte para protegerla del frío. La primera propuesta de mejora será re aislar la envolvente térmica del edificio así como la colocación de nuevas ventanas, con el objetivo de disminuir las pérdidas caloríficas.

- Aislamiento de fachadas: Puede suponer un ahorro energético del 5-16% sobre el consumo total del edificio.
- Aislamiento de cubierta: Puede suponer un ahorro energético del 4-14% del consumo total del edificio.
- Aislamiento de forjado: Puede suponer un ahorro energético menos que las anteriores, pero no por ellos será menos importante.

3.1.1.1 SISTEMA SATE

Como bien se ha mencionado, intervenir en la envolvente es uno de los primeros pasos para disminuir la demanda energética. En este caso particular, la fachada juega un papel muy importante ya que ocupa un 34% de la envolvente térmica. Para aislar la fachada se considera la posibilidad de utilizar un sistema SATE. SATE son las siglas de Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior. Es un sistema que está disponible en varias casas comerciales, y se compone de:

- Panel aislante prefabricado: Este panel puede ser de diferentes espesores y materiales (Poliestireno expandido, poliestireno extruido, lana de roca...).
- Fijaciones que garanticen la unión del aislamiento al muro, mediante mortero cola y fijaciones mecánicas.
- Acabados: El acabado consiste en dos capas de mortero cola con una maya intermedia de fibra de vidrio. El acabado protege al aislamiento térmico. Como acabado final, se aplica una imprimación y un revestimiento continuo.

3.1.1.1.1 Ventajas del sistema SATE

- Aprovecha la capacidad que puedan tener las paredes de fachada de acumular calor.

- No consume superficie útil
- Elimina los puentes térmicos en fachada: pilares, cajas de persiana, encuentro con forjados, etc.
- Elimina las condensaciones en el muro, pues permite que el edificio respire.
- Garantiza la estanqueidad de la fachada.
- Continuidad del aislamiento térmico.
- Rapidez en la ejecución frente a otros sistemas.
- Intervención por el exterior sin interrumpir la vida cotidiana de los propietarios de las viviendas.

3.1.2 VENTANAS DE TRIPLE ACRISTALAMIENTO

Los huecos en los cerramientos pueden implicar un ahorro energético de 3-10% del consumo total.

Al analizar qué tipo de ventana es la más idónea se tendrán en cuantos dos factores:

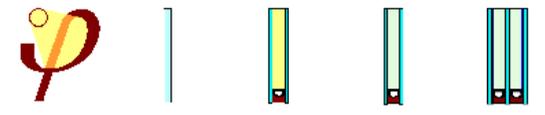
- Transmitancia térmica (W/m^2K): Es la cantidad de calor que atraviesa un elemento en un m^2 en función de la diferencia de temperaturas en una hora.
- Factor solar (g): Es el cociente entre la ganancia de calor total a través de un vidrio y la radiación solar incidente. Es decir, el cociente entre la radiación solar que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.
- Gas argón: El gas argón actúa como un aislante al ser más denso que la atmósfera y brindando una mayor eficiencia térmica al conjunto.

Estas ventanas de triple acristalamiento son usadas especialmente en casas pasivas, ya que uno de los principios de "*Passive house*" es que las carpinterías de las ventanas, deberán estar suficientemente aisladas y rellenas de gas Argón o krypton para prevenir la pérdida de calor. Esto significa que la transmitancia térmica se alrededor de $0.80 W/m^2K$, y con un factor solar del 50%.

Por lo tanto, la ventaja del usar ventanas de triple acristalamiento reside en una disminución de su transmitancia térmica así como de su factor solar. Esto quiere decir que son mejores aislantes y evitan el sobrecalentamiento del interior en los meses de verano. Al usar este tipo de acristalamiento, se deberá cambiar la perfilería existente, pudiendo asegurarnos de una buena rotura de puente térmico.

3.1.3 RECAMBIO DE VIDRIOS DE DOBLE ACRISTALAMIENTO

Se comprobará que al sustituir solo los vidrios por otros más eficientes, el ahorro energético puede aumentar, y la inversión no será tan grande, ya que la compra de ventanas de triple acristalamiento es, en el mercado actual, bastante alta. A continuación se muestran el comportamiento de los diferentes cristales:



Type	single	double	double low-e, Ar	triple low-e, Ar
U _g -value (W/m ² K)	5.60	2.80	1.20	0.65
Surface temperature (+10 °C out; 20 °C in)	-1.8 °C	9.1 °C	15.3 °C	17.5 °C
solar transmittance	0.92	0.80	0.62	0.48

Figura 3 Características de los acristalamientos. (Fuente: Passive House Institute)

Se ve una clara mejora cuando los vidrios son de baja emisividad y con gas argón. La temperatura superficial también es más alta (15.30) esto significa que el confort térmico interior será mejor. Las temperaturas frías que puedan alcanzar los acristalamientos son una fuente de corrientes de aire. El aire caliente es enfriado por la carpintería y los vidrios, este aire frío se desplaza hacia el suelo, enfriando el suelo. Los humanos tenemos dos importantes sensores de temperatura, uno en la cabeza y otro en los tobillos. Si estos sensores de temperatura se encuentran con una diferencia mayor de 2 Kelvin, se considera un estado de no confort.

3.2 MEDIDAS ACTIVAS

Las medidas activas son aquellas que necesitan de una puesta en marcha. En el gráfico siguiente se muestran los consumos que provienen de las diferentes instalaciones de uso residencial.

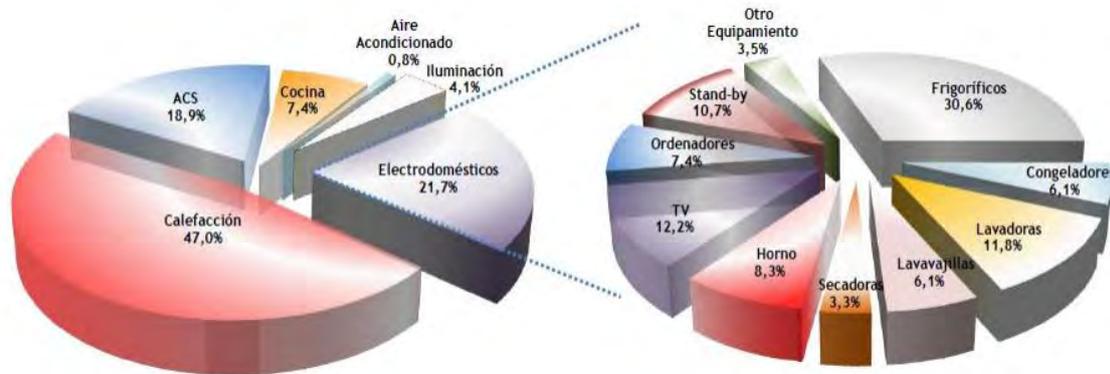


Figura 4 Servicios energéticos en edificios residenciales. (Fuente: Instituto de Innovación de Arquitectura Eficiente)

En este trabajo se estudiarán las siguientes medidas activas que se podrán implementar a la vivienda para conseguir unas instalaciones más eficientes y reducir el consumo energético.

3.2.1 INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERADOR DE CALOR

El bienestar de las personas depende de su salud y del confort que les proporciona el lugar donde realizan la mayor parte de su actividad. Para conseguir un confort adecuado, la calidad del aire en el ambiente interior debe ser alta. Por eso, una buena ventilación en las viviendas se convierte en algo indispensable.

Uno de los principios *passive house* es el de conseguir un confort térmico, y para ello recomienda que en los meses de verano no se exceda del 10% de horas anuales con una temperatura superior a 25%.

La ventilación existente en esta vivienda, es natural. Esto consiste en el suministro y extracción de aire gracias a las aperturas del edificio, sin usar ningún tipo de ventilador o sistema mecánico. Esto puede ser la causa de un sobrecalentamiento dentro de la vivienda así como un gasto extra de calefacción. La vivienda dispone de extractor en la cocina, el cual no se considerará en los cálculos.

La posibilidad de instalar una ventilación mecánica, significa instalar un conducto que extraiga el aire que proviene de las aperturas. Esta ventilación seguirá siendo insuficiente para evitar el sobrecalentamiento y el consumo excesivo de calefacción.

Por eso, una buena solución sería la instalación de un sistema de ventilación con recuperación de calor. Este sistema consiste en dos circuitos de ventilación, uno para el aire frío y otro para el aire caliente. Este caudal de aire pasará a través de lo que se llama un intercambiador de calor el cual permitirá que el aire exterior que entra frío se caliente gracias al calor transmitido por el

aire caliente extraído del interior de la vivienda. Lo que da lugar a un suministro de aire limpio y caliente o bien limpio y frío para los meses de verano.

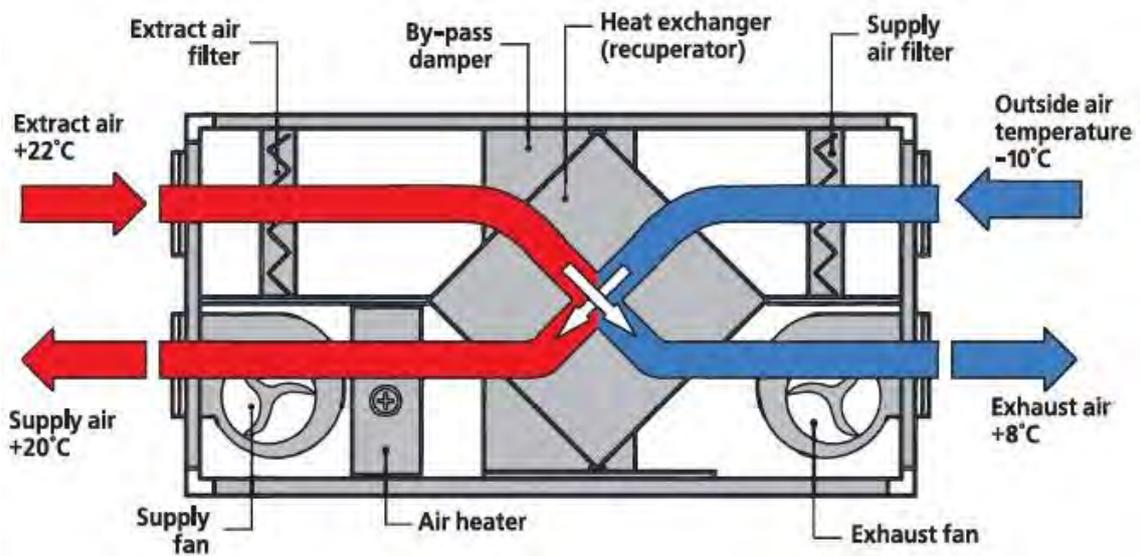


Figura 5 Funcionamiento de recuperador de calor. (Fuente: *The air conditioning Company*)

Este sistema ayuda a ahorrar calefacción y aire acondicionado, además de mejorar la calidad de aire interior dando lugar al confort ambiental deseado. La buena ventilación también ayuda a reducir la humedad y por lo tanto prevenir las condensaciones.

3.2.2 INSTALACIÓN DE BOMBA DE CALOR

El sistema actual que suministra calefacción y agua caliente a la vivienda es una caldera convencional de gas natural. De acuerdo con un reciente estudio hecho en SOLICLIMA energía solar, el uso de una bomba de calor de aire en vez de una caldera de gas puede llegar a ahorrar 1362€ al año, en una vivienda unifamiliar.

El uso de una caldera está asociado a los costes en gas natural, mientras que una bomba de calor solo produce gastos de electricidad. Los gastos de electricidad pueden ser solventados gracias a la instalación de paneles solares, que veremos más adelante. Teniendo esto en cuenta, y siguiendo "2012 Guidelines to Defra / DEGG'S GHG Conversion Factors for Company Reporting" del gobierno del Reino Unido, el valor medio de gases de efecto invernadero que produce 1kWh de electricidad es 0.54702 kgCO₂/kWh, mientras que el gas produce 0.204352 kgCO₂/kWh. A simple vista parece que la electricidad es menos contaminante, pero para igual esto, tenemos que hacernos la pregunta de, ¿cuántos kWh de electricidad son necesarios para producir un kWh de calor? Para responder a esta cuestión se necesita definir el concepto de COP.

COP (Coefficient of Performance): Es un valor sin dimensiones que muestra el comportamiento de una bomba de calor. El coeficiente se define como:

$$\frac{\text{Energía usada}}{\text{Energía pagada}} = \frac{\text{Energía calorífica(W)}}{\text{Energía eléctrica(W)}}$$

Cuanto mayor sea este valor, más eficiente será la bomba de calor, normalmente si el COP supera el 4, la bomba de calor se considera eficaz. Qué el COP sea 4, quiere decir que el sistema de calefacción recibe 4 veces más de la cantidad que es suministrada al compresor de la bomba de calor, por lo tanto la energía que no pagamos será $\frac{3}{4}$ de la cantidad de calor suministrada.

Para concluir, 1 kWh de gas produce 0.204352 kgCO₂/kWh mientras que para obtener la misma cantidad de calor necesitaríamos 0.25 kWh de gas produce 0.135255 kgCO₂/kWh; si usamos una bomba de calor con COP 4.

3.2.2.1 TIPO DE BOMBA DE CALOR

Podemos definir una bomba de calor como una máquina térmica capaz de transferir calor de una fuente fría a otra más caliente. Su funcionamiento está basado en tres circuitos cerrados como muestra la imagen siguiente:

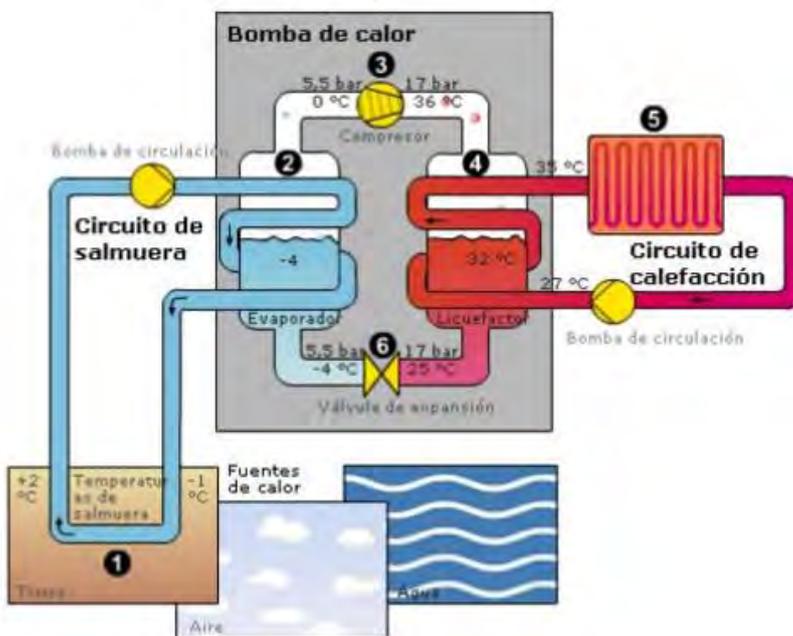


Figura 6 Funcionamiento bomba de calor. (Fuente: Eficiencia de las bombas de calor. Efitex.es)

Una bomba de calor está formada por 4 componentes que se conectan entre sí en un circuito cerrado por el que circula un fluido, llamado refrigerante.

- Evaporador : Intercambiador de calor, en él refrigerante, “líquido” a baja presión y temperatura, se evapora absorbiendo calor de un medio exterior más caliente (aire o agua)
- Compresor: Es el elemento que consume electricidad, ya que es el elemento que comprimiendo eleva la temperatura y la presión del refrigerante.
- Válvula de expansión: Aseguran la alimentación del evaporador en las condiciones de temperatura y presión apropiadas, de modo que se aproveche la totalidad del evaporador.

- Condensador: Intercambiador de calor en el que el refrigerante, vapor a alta presión y temperatura, se licua, liberando calor a un medio exterior más frío, aire o agua.

Para uso residencial y puesto que se necesita una bomba de calor que proporcione agua caliente sanitaria y calefacción, distinguimos dos tipos según su fuente de energía:

- De aire: Una bomba de calor de aire, utiliza y convierte el aire exterior en calor para el hogar, que puede ser usado tanto para calefacción como para agua caliente. La bomba de calor puede generar calor incluso a temperaturas exteriores de -20°C. El proceso es simple, efectivo y sostenible, por lo que es una solución buena para el medioambiente como para para nuestros bolsillos.
- Geotérmica: Son las que utilizan el calor procedente de la corteza terrestre, el cual calienta un líquido, no necesariamente agua, conocido con el nombre de “brine”.

3.2.3 INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES

Como complemento al gasto de electricidad que supondría la instalación de una bomba de calor o de una unidad de ventilación, se instalarán paneles solares fotovoltaicos en el tejado de la vivienda.

Los paneles fotovoltaicos capturan la energía del sol y usando células fotovoltaicas convierten la luz del sol en electricidad, incluso en días nublados.

Gracias a un inversor, esta electricidad usada será “vendida” a la compañía eléctrica con la que se tenga un contrato. La posibilidad de implantar una instalación fotovoltaica conectada a la red es posible mediante una interconexión eléctrica y una licencia urbanística. Por lo tanto, las dos primeras acciones que se debe realizar es la de solicitar un punto de conexión a la compañía eléctrica distribuidora de la zona y la licencia de obras al Ayuntamiento de Culleredo. Posteriormente será necesario solicitar la autorización administrativa, así como la solicitud de inscripción provisoria en el Régimen Especial para una vez otorgadas, empezar a montar la instalación.

Por la tanto, estaríamos ante una vivienda unifamiliar con autoconsumo de tipo 2, definido en el RD 900/2015 que regula el suministro de energía eléctrica con autoconsumo y producción de autoconsumo.

El contrato establecido con la compañía eléctrica será de tipo de mercado libre, esto quiere decir que el valor del precio del kWh varía según el mercado, y cada mes será diferente. Con este tipo de contrato será más fácil la comparación entre Dinamarca y España.

3.3 SOFTWARE EMPLEADO

3.3.1 BE 10

El programa BE10 es un software desarrollado por el Danish Building Research Institute. Este programa es de uso obligatorio para adquirir la certificación energética para todos los edificios de Dinamarca.

Más información sobre la interpretación de este programa está disponible en el anexo 1.

3.3.2 HERRAMIENTA UNIFICADA LIDER CALENER

La herramienta unificada Lider-Calener V.01 es una herramienta informática que permite obtener la certificación energética de un edificio así como la verificación de las exigencias impuestas en el CTE DB HE0 y HE1 (Documento básico de ahorro de energía). Esta herramienta es ofrecida por el Ministerio de Fomento y por el Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Más información sobre este programa está disponible en el anexo 2

4 ESTADO ACTUAL

MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1.1 EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN

La vivienda está situada en el Concello de Culleredo, A Coruña (España) una ciudad a 600km al norte de la capital (Madrid). La ciudad está localizada a 570m sobre el nivel del mar. Ha sido construida en 1998 y dirigida por Manso-Sol promotor.



Figura 7 Emplazamiento de Culleredo. (Fuente: Google Maps)



Figura 8 Localización de la vivienda. (Fuente: Google Maps)

4.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

Se trata de una vivienda unifamiliar habitada por 4 personas. El edificio está orientado al Oeste. Consiste en cuatro plantas, el sótano con 60.05m, la planta baja con 57.37m, la primera planta con 64.33 y el bajo cubierta de 43.66. Además, la extensión cuenta con una terraza y un campo trasero de 55 y 83 m respectivamente. En la planta baja, la cocina y el comedor están localizados hacia el oeste, además el salón y un lavabo están orientados hacia el este. En el primer piso, hay dos habitaciones hacia el oeste y otras dos hacia el este. Los baños están localizados entre los dormitorios. En el bajo cubierta, encontramos dos habitaciones, un baño y un almacén. Los siguientes esquemas muestran la colocación de la casa y el área de cada habitación.



Figura 9 Fotografía de la fachada principal (Fuente: elaboración propia)

4.2 MEMORIA CONSTRUCTIVA

4.2.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura de la casa consiste en muros de carga de ladrillo los cuales soportan el edificio. Existe una cimentación de hormigón debajo de estos muros. En la imagen siguiente se muestran las cargas que soporta cada cerramiento:

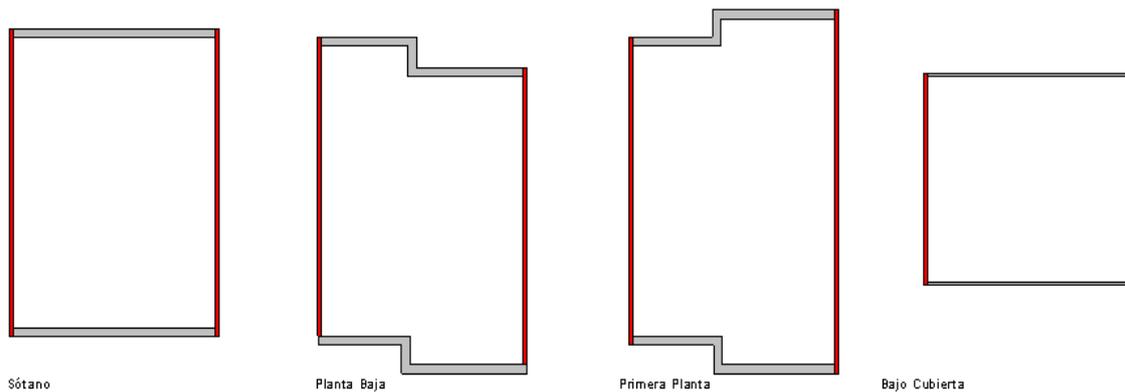


Figura 10 Esquema estructural. (Fuente: elaboración propia)

Los muros rojos, indican los cerramientos portantes de la vivienda, mientras que los grises muestran los cerramientos exteriores.

4.2.2 SISTEMA ENVOLVENTE

EL cálculo de los requisitos energéticos tiene en cuenta la envolvente del edificio, la cual según el CTE DB-HE1 5.2.1 *La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitable con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.*

Según la geometría del caso a estudiar, la siguiente imagen muestra los cerramientos que pertenecen a la envolvente térmica:

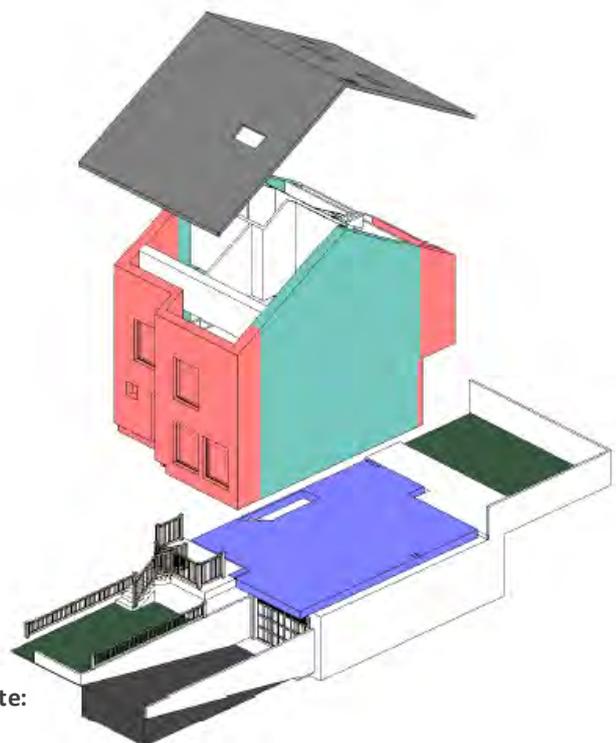
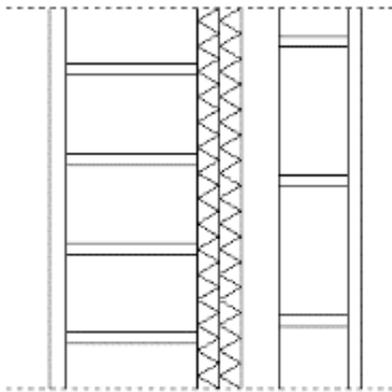


Figura 11 Partes de la envolvente térmica. (Fuente: Elaboración propia)

4.2.2.1 CERRAMIENTO DE FACHADA PRINCIPAL Y POSTERIOR

Son los cerramientos sustentados, es decir, tienen la función de separar el ambiente exterior del interior. En estos cerramientos se localiza la carpintería de la vivienda.



Tranmitancia térmica: 0.483 W/m²K

15 mm mortero monocapa con acabado abujardado.

115 mm Hoja de fábrica de ladrillo perforado de ½ pie de espesor.

40 mm Aislamiento con dos planchas de poliestireno extrusionado de 20+20 mm y 33 kg/m³ de densidad.

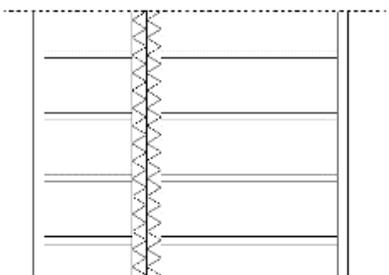
30-35 mm Cámara de aire.

60 mm Tabique de ladrillo hueco.

10/15 mm Guarnecidos masteados y enlucido de yeso. Pintados con pintura plástica antimoho.

4.2.2.2 CERRAMIENTO EN FACHADAS LATERALES

Este cerramiento cumple dos funciones, la de muro de carga y la de separación del exterior al interior. Comprende un espesor mayor y se encuentra aislado térmicamente.



Tranmitancia térmica: 0.446 W/m²K

15 mm mortero monocapa con acabado abujardado.

115 mm Hoja de fábrica de ladrillo perforado de ½ pie de espesor.

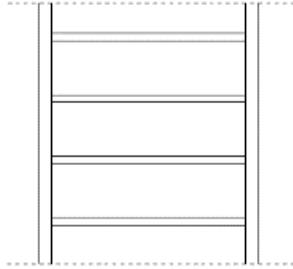
40 mm Aislamiento con dos planchas de poliestireno extrusionado de 20+20 mm y 33 kg/m³ de densidad.

240 mm Hoja de fábrica de ladrillo perforado de 1 pie de espesor.

10/15 mm Guarnecidos masteados y enlucido de yeso. Pintados con pintura plástica antimoho.

4.2.2.3 MURO DE SEPARACIÓN

Son los muros de carga, los muros sustentantes de la edificación, cuentan con doble anchura, debido a que son medianeros entre dos viviendas.



10/15 mm Guarnecidos masteados y enlucido de yeso. Pintados con pintura plástica antimoho.

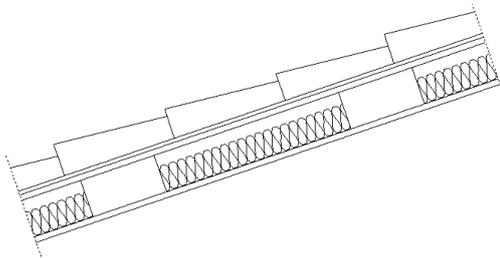
240 mm Muros de carga de fábrica de ladrillo perforado de 1 pie de espesor.

10/15 mm Guarnecidos masteados y enlucido de yeso. Pintados con pintura plástica antimoho.

Tranmitancia térmica: 0.83 W/m²K

4.2.2.4 CUBIERTA

Se trata de una cubierta inclinada a dos aguas, en la que se sitúan tres lucernarios. A continuación se muestra el detalle de la estructura de la cubierta:



Cobertura de teja cerámica curva.

Placas de fibrocemento

15 mm de poliuretano

Correas de hormigón pretensadas de 20x 10 cm de sección y longitud 7m.

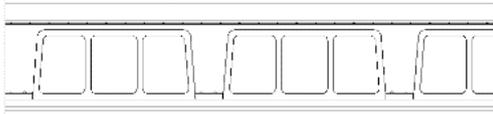
70 mm de manta de fieltro

15 mm Placa de pladur o similar.

Tranmitancia térmica: 0.815 W/m²K

4.2.2.5 FORJADO

Forjado unidireccional formado por bovedillas de hormigón y capa de compresión.



70 mm Recrecido de mortero de cemento.

40 mm capa de compresión.

300 mm Forjado de bovedilla de hormigón de 70cm de intereje.

30 mm Vidrio celular

15 mm de mortero monocapa

Tranmitancia térmica: $0.897 * 0.95 = 0.852 \text{ W/m}^2\text{K}$

4.2.2.6 CARPINTERÍA EXTERIOR

La carpintería es de aluminio lacado en color verde, las puertas son de tipo corredera excepto en aseo que será proyectante. La carpintería de las ventanas V4 son de madera, tipo proyectante. La modulación de los huecos queda reflejada en la memoria de carpintería.

El acristalamiento será doble, formado por dos lunas de 4 mm y cámara de aire deshidratada de 6mm (4+6+4 excepto los lucernarios formados por vidrios de seguridad 3+3). El factor solar de los vidrios es de 0.65 como criterio general.

La puerta de entrada es de madera, barnizada.

Las medidas de los distintos tipos de carpintería vienen especificadas en en el anexo 12.

4.2.3 SISTEMA DE INSTALACIONES

4.2.3.1 CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA

El agua caliente sanitaria y la calefacción son suministradas por una caldera de gas, con las siguientes características:

CALDERA "Roca RS 20/20"

Combustible	Gas Natural
Eficiencia	90%
Poder Calorífico	20.000 Kcal/H
Localización	Sótano

Las tuberías de suministro de agua están construidas de poliestireno y recorren a través del techo suspendido y el suelo. Los conductos por donde pasan las tuberías se pueden ver en los planos.

4.2.3.2 FONTANERÍA

El sistema de desagüe está basado en tuberías de PVC.

Debido a que estas instalaciones tienen una gran vida útil y están en buenas condiciones, en este proyecto este sistema no se tendrá en cuenta.

4.3 ANALÁLISIS ENERGÉTICO DEL ESTADO ACTUAL

4.3.1 INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de la demanda energética actual y la calificación energética se han usado los programas normativos de ambos países.

- Herramienta Unificada Lider Calener (HULC)
- BE 10

El consumo energético de un edificio, es la energía necesaria para satisfacer la demanda energética de los servicios de calefacción, refrigeración, ACS. La demanda energética es la energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente.

4.3.2 ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

La ubicación y el clima son factores esenciales para el cálculo del consumo energético. Como se ha mencionado anteriormente la zona climática correspondiente a la ubicación real es C1. En el programa BE 10, la única ubicación posible es en Madrid (D3) por lo que ambas zonas climáticas serán calculadas.

El consumo energético de los edificios viene limitado en función de la zona climática de la localidad en la que se ubica. Según el CTE HE 0 el consumo energético de energía primaria no renovable del edificio no debe superar un valor límite, medido en kWh/m² por año. Este valor varía en función de la zona climática de invierno, siendo para la zona climática C un valor menos que para la zona climática D.

Esto quiere decir, que las restricciones que se tienen en cuenta para el cálculo de la demanda energética, como son las transmitancias térmicas de todos los elementos que forman la envolvente y el factor solar de los huecos y lucernarios serán más restrictivas para la zona D.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada programa y en cada ubicación. La información necesaria para la obtención de estos resultados y la interpretación de cada uno de los programas se encuentra especificada en el anexo 1 y 2.

4.3.3 DEMANDA ENERGÉTICA Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

4.3.3.1 HULC (CULLEREDO)

Introduciendo los datos actuales de la vivienda, el programa calcula los siguientes resultados:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A		<8.10 A	
35.80-58.1 B		8.10-13.10 B	
58.10-88.00 C		13.10-20.30 C	
90.00-138.40 D	97.74D	20.30-31.10 D	20.70D
138.40-254.10 E		31.10-58.30 E	
254.10-305.00 F		58.30-73.40 F	
=>305.00 G		=>73.40 G	

Figura 12 Resultado del informe de certificación energética (C1)

4.3.3.2 HULC (MADRID)

Con los mismos datos anteriores, se cambia la zona climática correspondiente a Madrid, y obtenemos los siguientes resultados:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<54.20 A		<12.20 A	
54.20-87.8 B		12.20-19.9 B	
87.80-136.10 C	133.93C	19.90-30.80 C	28.07C
136.10-209.30 D		30.80-47.30 D	
209.30-375.60 E		47.30-83.70 E	
375.60-473.20 F		83.70-100.40 F	
=>473.20 G		=>100.40 G	

Figura 13 Resultado del informe de certificación energética (D3)

4.3.3.3 BE 10 (MADRID)

Al igual, que se ha hecho con el HULC, se introducen los datos del estado actual de la vivienda siguiendo el documento Sbi-direction 2nd edition, siendo los resultados los siguientes:

Key numbers, kWh/m ² year			
Energy frame in BR 2010			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
59,3	0,0	59,3	
Total energy requirement		158,0	
Energy frame low energy buildings 2015			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
34,1	0,0	34,1	
Total energy requirement		158,0	
Energy frame Buildings 2020			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
20,0	0,0	20,0	
Total energy requirement		157,5	
Contribution to energy requirement		Net requirement	
Heat	140,8	Room heating	94,8
El. for operation of bulding	0,8	Domestic hot water	26,4
Excessive in rooms	15,3	Cooling	0,0
Selected electricity requirements		Heat loss from installations	
Lighting	0,0	Room heating	6,5
Heating of rooms	0,0	Domestic hot water	11,8
Heating of DHW	0,0	Output from special sources	
Heat pump	0,0	Solar heat	0,0
Ventilators	0,0	Heat pump	0,0
Pumps	0,0	Solar cells	0,0
Cooling	0,0	Wind mills	0,0
Total el. consumption	58,5		

Figura 14 Datos finales BE10 (Madrid)

La certificación según BE 10 sigue la siguiente escala:

A 2020	20
A 2015	< 30 + 1000/A
A 2010	<52.5 + 1650/A
B	<70 + 2200/A
C	<110 + 3200/A
D	< 150 + 4200 / A
E	< 190 + 5200/ A
F	< 240 + 6500/A
G	>240 + 6500/A

$150 + 4200/244 = 167.21 > 158.00 \text{ kWh /m}^2$
 Clasificación D.

4.3.3.4 BE 10 (DINAMARCA)

Si cambiamos la ubicación a Dinamarca, los resultados obtenidos son bastante diferentes:

Key numbers, kWh/m ² year			
Energy frame in BR 2010			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
59,3	0,0	59,3	
Total energy requirement		256,5	
Energy frame low energy buildings 2015			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
34,1	0,0	34,1	
Total energy requirement		256,5	
Energy frame Buildings 2020			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
20,0	0,0	20,0	
Total energy requirement		255,6	
Contribution to energy requirement		Net requirement	
Heat	253,3	Room heating	197,1
El. for operation of bulding	1,3	Domestic hot water	27,4
Excessive in rooms	0,0	Cooling	0,0
Selected electricity requirements		Heat loss from installations	
Lighting	0,0	Room heating	7,0
Heating of rooms	0,0	Domestic hot water	12,7
Heating of DHW	0,0	Output from special sources	
Heat pump	0,0	Solar heat	0,0
Ventilators	0,0	Heat pump	0,0
Pumps	0,0	Solar cells	0,0
Cooling	0,0	Wind mills	0,0
Total el. consumption	59,0		

Figura 15 Datos finales BE10 (Dinamarca)

A 2020	20
A 2015	< 30 + 1000/A
A 2010	<52.5 + 1650/A
B	<70 + 2200/A
C	<110 + 3200/A
D	< 150 + 4200 / A
E	< 190 + 5200/ A
F	< 240 + 6500/A
G	>240 + 6500/A

$240 + 6500/244 = 266.66 > 256.50 \text{ kWh/m}^2$
 Clasificación F

4.3.3.5 CONCLUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos en ambos programas y en ambos emplazamientos:

Tabla 1 Resumen de certificaciones energéticas

	HULC C1 (CULLEREDO)	HULC D3 (MADRID)	BE 10 (MADRID)	BE 10 (DINAMARCA)
CONSUMO ENERGÉTICO (kWh/m² año)	97.74	133.93	156.90	254.60
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	D	D	D	F

Podemos observar que en Madrid el consumo es mucho mayor que en Galicia, por lo que para analizar los cambios que se introducirán, es mucho más restrictivo. Pero podemos ver también que el programa BE 10 calcula un mayor consumo que el HULC para la misma localidad, y esto puede ser debido a varias razones:

- Be10 tiene en cuenta la mínima ventilación en verano y en invierno, mientras que el HULC solo tiene en cuenta unas renovaciones mínimas de aire al año.
- Be10 tiene en cuenta el calor perdido debido a las tuberías
- Be10 tiene en cuenta el calor generado en el interior de la vivienda.
- Las sombras son más exactas en el be10 al introducirlas numéricamente y no con un sistema de modelaje por coordenadas como el HULC.
- Las transmitancias térmicas tienen en cuenta la resistencia del exterior e interior.

Cada cambio que se realice será analizado y comparado con el programa BE 10 (MADRID – DINAMARCA), se pretende realizar una disminución del consumo energético a la vez que alcanzar los estándares Daneses para realizar una buena comparación. Cuando el resultado de los cambios que se vayan a realizar sea el definitivo, se realizará la calificación energética con el HULC (CULLEREDO) la cual cumplirá los límites de demanda y consumo exigidos por el código técnico, ya que son menos restrictivos que para Madrid, así como una calificación energética tipo A, que es el objetivo principal de este proyecto.

Los informes de certificación energética del estado actual situado en Galicia y en Madrid se encuentran adjuntados en el anexo 3.

5 MEJORAS ENERGÉTICAS

5.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se tratarán las propuestas de mejora energética que se han considerado implantar en la vivienda de estudio, para adquirir una nueva certificación energética; de acuerdo con lo definido en el capítulo de fundamentos.

En cada apartado, se analizará los inconvenientes y las ventajas que supondría cada cambio, así como su simulación si la vivienda estuviese situada en Dinamarca. Gracias a esta simulación, se podrán contrastar números y llegar a una conclusión sólida.

La solución final que se aconsejaría implantar vendrá analizada económicamente y siempre que se cumplan las leyes vigentes. Se simulará también, una solución final para la vivienda situada en Dinamarca.

5.2 MEJORA DE ENVOLVENTE

Una renovación energética de un edificio envuelve un ahorro de consumo energético así como de un ahorro económico. Las propuestas de mejora para conseguir estos objetivos serán analizadas de acuerdo con las limitaciones legales, físicas y económicas.

Como se ha mencionado utilizaremos el programa BE 10 para analizar los diferentes cambios, partiendo de los siguientes números:



Figura 16 Pérdida de energía a través de la envolvente. (Fuente: Aislamiento de fachadas 2015. Isover)

Tabla 2 Datos energéticos del Estado actual

(kWh/m ² año)	ESTADO ACTUAL
CALEFACCIÓN	140.80
ELECTRICIDAD	0.80
REFRIGERACIÓN	15.30
(kW/año) PÉRDIDA DE CALOR	15.10
(kWh/m ² año) ENERGÍA TOTAL	156.90

Siguiendo el CTE-DB-HE-1, Apéndice E, los valores orientativos que debe cumplir la envolvente de un edificio vienen dadas según la zona climática, siendo estos más restrictivos para Madrid que para Coruña. Estos valores serán orientativos para la decisión de la nueva envolvente, teniendo en cuenta también no sobrepasar los valores máximos permitidos, que vienen definidos en el CTE-DB-HE-1. En Dinamarca, según la ley BR10, los valores característicos de la envolvente son mucho más restrictivos, acercándose al standard passive house. La tabla siguiente muestra las transmitancias para cada zona y elemento constructivo:

Tabla 3 Requisitos de las transmitancias térmicas (W/m²K)

COMPONENTE	VALORES MÁXIMOS		VALORES ORIENTATIVOS		VALORES MÁXIMOS	
	Culleredo	Madrid	Culleredo	Madrid	Dinamarca	Passive House
Muros exteriores	0.75	0.60	0.29	0.27	0.20	0.15
Forjados	1.35	1.20	-	-	0.12	0.15
Cubiertas	0.50	0.50	0.23	0.22	0.15	0.15
Ventanas	3.10	2.70	1.6-2.0	1.6-1.8	1.65	0.85

5.2.1 FACHADAS

5.2.1.1 COMPOTAMIENTO TÉRMICO

Una de las funciones que debe cumplir un cerramiento es la de separar el ambiente exterior del interior, contribuyendo a mantener unas condiciones del confort y bienestar, entre ellas una adecuada temperatura. Para mantener una temperatura constante es necesario evitar el gradiente térmico. El gradiente térmico se produce cuando existe una diferencia de temperatura entre dos espacios separados por un cerramiento, dando lugar a un flujo de calor a través de ese cerramiento. El flujo irá del espacio más caliente al más frío con el fin de igualar dichas temperaturas. Este flujo se traduce en pérdidas energéticas que dan lugar a mayores demandas de calefacción y refrigeración. Para evitar este flujo de calor, los cerramientos deben de aislar el interior de la vivienda, para mantener una temperatura adecuada constante. Las condiciones que deben cumplir los cerramientos

Por ello, a continuación se analizarán que tipo de aislantes son los más adecuados en esta rehabilitación:

Para escoger un buen aislamiento, se debe tener en cuenta dos parámetros:

- Conductividad térmica: Es una expresión de la habilidad que tienen los materiales para transportar energía. Todos los materiales tienen su propia conductividad térmica, cuanto menor sea este valor mejor será el aislamiento.

- Transmitancia térmica Es la medida de la pérdida de calor en un elemento del edificio. Mide como unas partes del edificio transfieren calor, lo que significa que cuanto mas alto sea el valor peor será el comportamiento térmico de la envolvente del edificio.

Para re aislar, existen tres tipos de aislamiento que serán comprados para escoger la solución más rentable. El aislamiento afectará a la transmitancia térmica de la solución final. Las diferentes marcas analizadas son las siguientes:

Tabla 4 Comparación de aislamientos para fachada

	ISOVER	URSA	ROCKWOOL
<i>Conductividad Térmica</i>	0.036 W/mK	0.034 W/mK	0.036 W/mK
<i>Material</i>	Lana de roca	Poliestireno extruido	Lana de roca
<i>Precio</i>	19.31 €/m ² (espesor = 40 mm)	21.86 €/m ² (espesor = 40 mm)	18.58 €/m ² (espesor = 50 mm)

El aislamiento escogido será de la casa Rockwool ROCKSATE DUO, sus datos técnicos pueden consultarse en el anexo 5.

Las nuevas transmitancias obtenidas en las fachadas posterior, principal y lateral son las siguientes:

- Transmitancia térmica: 0.289W/m²K
- Transmitancia térmica: 0.271W/m²K

5.2.1.2 COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

El vapor de agua presente en la atmósfera interior de la vivienda, migra a través de los cerramientos, debido a una diferencia de vapor entre los diferentes espacios. Este flujo de vapor puede dar lugar a condensaciones, tanto superficiales como intersticiales. La posición del aislamiento influye directamente en el comportamiento térmico e higrotérmico de los cerramientos, ya que la cantidad de calor que un muro puede mantener o ceder dependerá de esta posición. En la renovación de fachadas existen tres posibilidades de posición:

5.2.1.2.1 CÁMARA DE AIRE

La solución de inyección de espuma rígida de poliuretano en cámaras, consiste en inyecciones realizadas con taladros, e ir rellenando la cámara de abajo hacia arriba lentamente ya que el material específico para estos casos, es de baja densidad y con un período de espumación lento. Pero para que esta solución sea eficaz, el cerramiento debe de cumplir con una serie de requisitos:

- La cara exterior de la fachada debe estar en perfectas condiciones por lo que habrá que realizar una inspección exhaustiva para descartar la existencia de grietas o fisuras y en caso de que existan habrá que realizar las labores de rehabilitación pertinentes.
- La cámara de aire debe de ser continua y al menos de 5 cm de espesor. Se debe inspeccionar la cámara para detectar posibles elementos que la obstruyan y que evitarán el relleno completo de la cámara.
- Tener en cuenta los puentes térmicos de la fachada, tanto los que se producen en el contorno de los huecos, como los que se producen en el encuentro de la fachada con la cubierta y con el drente de forjado.

Como se ha mostrado en la memoria constructiva del estado actual, el espesor de la cámara de aire existente es de 30-35 mm, no cumple con el requisito del mínimo espesor necesario para realizar la inyección. Este método se descartará por imposibilidad técnica.

5.2.1.2.2 INTERIOR DEL MURO

Permite que la estética de la fachada no se vea alterada, pero disminuye la superficie útil de la vivienda así como problemas para solucionar los puentes térmicos.

Los beneficios de aislar por el interior es un tiempo de calefacción reducido, es decir, que alcanza la temperatura deseada en menos tiempo.

Utilizando el programa U-wert.net para el cálculo del comportamiento higrotérmico, y siguiendo los cálculos del Documento de apoyo al CTE-DB-HE-2 para las condiciones exteriores e interiores, se obtienen las siguientes gráficas:

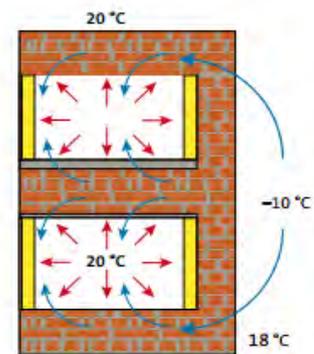
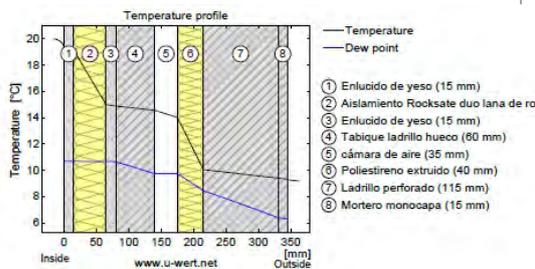
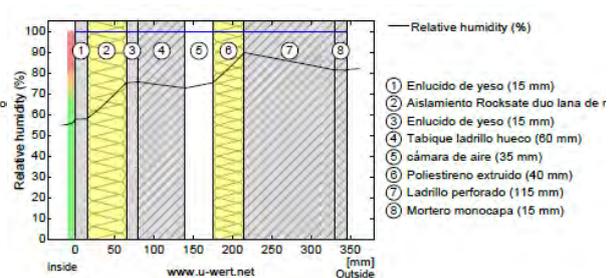


Figura 17 Aislamiento interior.
(Fuente: Aislamiento de fachadas 2015. Isover)

PERFIL DE TEMPERATURA



HUMEDAD RELATIVA



CONDICIONES EXTERIORES:

- Humedad relativa: 82%
- Temperatura: 9.2 °C

CONDICIONES INTERIORES:

- Humedad relativa: 55%
- Temperatura: 20 °C

Según el CTE-DB-HE-2, el método de comprobación de condensaciones superficiales consiste en limitar el valor máximo de 80% de humedad relativa media mensual sobre la superficie del cerramiento analizado. Como vemos en las gráficas, la cara exterior del cerramiento llega muy cerca del 80%.

En el caso de Dinamarca, se debería analizar con otras condiciones exteriores e interiores, y el resultado no debería sobrepasar el 80% en ninguna de las capas del cerramiento como dice la ley DS/EN ISO 13788. La guía sobre la normativa danesa SBI 126 2008 recomienda que este valor no supere el 75% en ninguna de las caras del cerramiento.

En este caso, en más de una cara se supera el 80% lo que supone un riesgo de formación de superficiales intersticiales.

5.2.1.2.3 EXTERIOR DEL MURO

El aislar por el exterior de la fachada supone una serie de ventajas como son, la facilidad de evitar puentes térmicos, no molestar a los propietarios durante la obra y no disminuir el área útil de la vivienda. El inconveniente de este sistema es la modificación de la fachada.

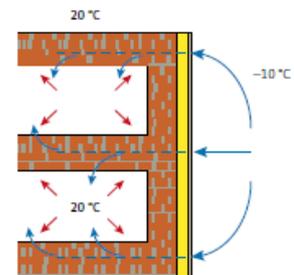
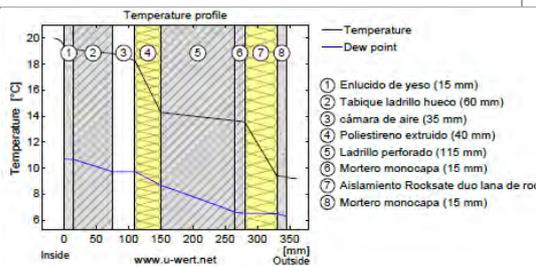
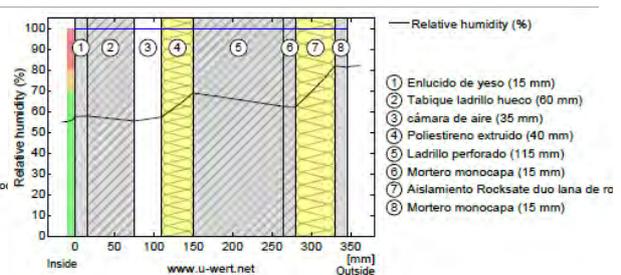


Figura 18 Aislamiento exterior. (Fuente: Aislamiento de fachadas 2015. Isover)

PERFIL DE TEMPERATURA



HUMEDAD RELATIVA



CONDICIONES EXTERIORES:

- Humedad relativa: 82%
- Temperatura: 9.2 °C

CONDICIONES INTERIORES:

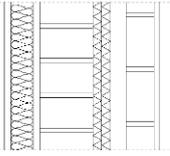
- Humedad relativa: 55%
- Temperatura: 20 °C

Como se ha explicado antes, la humedad relativa de cada cara debe estar por debajo del valor de 80% y se observa en la gráfica de la derecha que ninguna de las caras supera este valor. Por lo tanto el aislamiento por el exterior es más eficiente en cuanto a formación de condensaciones.

5.2.1.3 SOLUCIÓN FINAL

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, se realizará un aislamiento por el exterior con lana mineral Rocksate DUO de 40 mm de espesor.

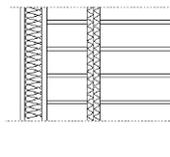
Cerramiento principal:

	U_M actual	U_M nuevo	U_M recomendado (España)	U_M máximo (Dinamarca)
	0.48 W/m ² K	0.29 W/m ² K	0.29 W/m ² K	0.20 W/m ² K

FACHADA PRINCIPAL Y POSTERIOR

CAPA	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R= d/λ (m ² K/W)
Rse			0,040
Mortero de cemento	0,015	0,550	0,027
Ladrillo perforado 1/2 pie	0,115	0,533	0,216
Aislamiento XPS expandido	0,040	0,030	1,333
Cámara de aire	0,035		0,180
Tabique ladrillo hueco	0,060	0,556	0,108
AILAMIENTO	0,050	0,036	1,389
Enlucido de yeso	0,015	0,400	0,038
Rsi			0,130
	0,22	ΣR =	3,461
	U = 1 / ΣR =	0,289 W/m²k	

Cerramiento lateral:

	U_M actual	U_M nuevo	U_M recomendado (España)	U_M máximo (Dinamarca)
	0.45 W/m ² K	0.28 W/m ² K	0.29 W/m ² K	0.20 W/m ² K

CERRAMIENTO FACHADA LATERAL

CAPA	ESPESOR(m)	λ (W/mK)	R= d/λ (m ² K/W)
Rse			0,040
Mortero de cemento	0,015	0,550	0,027
Ladrillo perforado 1/2 pie	0,115	0,533	0,216
Aislamiento XPS expandido	0,040	0,030	1,333
Ladrillo perforado 1 pie	0,240	0,556	0,432
Enlucido de yeso	0,025	0,400	0,063
AILAMIENTO	0,050	0,036	1,389
Enlucido de yeso	0,025	0,400	0,063
Rsi			0,130
		ΣR =	3,692
	U = 1 / ΣR =	0,271 W/m²k	

5.2.2 CUBIERTA

5.2.2.1 COMPOTAMIENTO TÉRMICO

Al igual que para las fachadas, se comparan tres casas diferentes de aislamientos para cubiertas:

Tabla 5 Comparación de aislamientos para cubierta

	ISOVER	URSA	ROCKWOOL
<i>Conductividad Térmica</i>	0.040 W/mK	0.042 W/mK	0.034 W/mK
<i>Material</i>	Lana mineral de vidrio	Lana mineral de vidrio	Lana de roca
<i>Precio</i>	7.67 €/m ² (espesor = 100 mm)	7.50 €/m ² (espesor = 80 mm)	16.10 €/m ² (espesor = 80 mm)

El aislamiento escogido será de la casa Isover, Cubiertas IBR, sus datos técnicos pueden consultarse en el anexo 5.

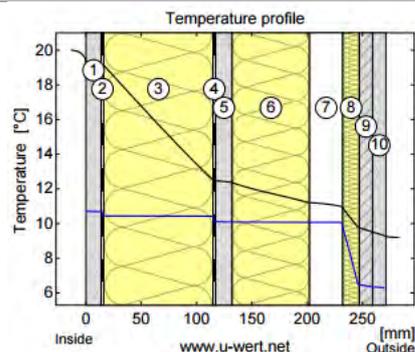
La nueva transmitancia obtenida en la cubierta es:

- Transmitancia térmica: 0.26 W /m²K

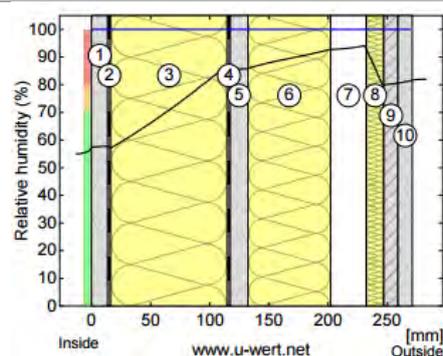
5.2.2.2 COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

En este caso, el aislamiento debe efectuarse por el interior, y poder cubrir los muros que forman el bajo cubierta. Gracias a la página web U-wert se puede realizar la comprobación de que no hay riesgo de la formación de condensaciones intersticiales.

PERFIL DE TEMPERATURA



HUMEDAD RELATIVA



CONDICIONES EXTERIORES:

- Humedad relativa: 82%
- Temperatura: 9.2 °C

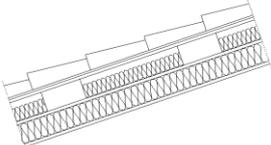
CONDICIONES INTERIORES:

- Humedad relativa: 55%
- Temperatura: 20 °C

Como se ha comprobado anteriormente, el aislamiento por el interior del cerramiento provoca un aumento de la humedad relativa en sus capas. En este caso no puede evitarse el aislar por el interior, porque aun así, se ejecutará esta solución. Para disminuir el riesgo de la formación de condensaciones intersticiales, este aislamiento cuenta con barreras de vapor en sus dos caras, por lo tanto siempre estarán colocadas en el lado interior, es decir, en el lado caliente del cerramiento. Para disminuir la aparición de condensaciones superficiales se aconseja una buena ventilación del interior, y para evitar o disminuir los riesgos causados por las mismas, se podrá revestir el interior con tipo de pinturas antimoho.

5.2.2.3 SOLUCIÓN FINAL

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, se realizará un aislamiento por el interior con lana mineral IBR ISOBVER Cubiertas de 100 mm de espesor.

	U_M actual	U_M nuevo	U_M recomendado (España)	U_M máximo (Dinamarca)
	0.82 W/m ² K	0.26 W/m ² K	0.23W/m ² K	0.15 W/m ² K

CUBIERTA			
CAPA	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R= d/ λ (m ² K/W)
Rse			0,100
Teja de arcilla	0,012	0,120	0,100
Fibro cemento	0,012	0,120	0,100
Aislamiento PUR	0,015	0,028	0,536
Cámara de aire	0,200		0,16
Capa inhomogénea	0,070	0,535	0,131
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060
AISLAMIENTO	0,100	0,040	2,500
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060
Rsi			0,040
		$\Sigma R =$	3,787
$U = 1 / \Sigma R =$		0,264 W/m²k	

5.2.3 FORJADO

5.2.3.1 COMPOTAMIENTO TÉRMICO

Al igual que para las fachadas y la cubierta, se comparan tres casas diferentes de aislamientos para forjados:

Tabla 6 Comparación de aislamientos para forjado

	ISOVER	KRAUF	ROCKWOOL
<i>Conductividad Térmica</i>	0.036 W/mK	0.040 W/mK	0.034 W/mK
<i>Material</i>	Lana mineral de vidrio	Lana mineral natural	Lana de roca
<i>Precio</i>	7.46 €/m ² (espesor = 20 mm)	8.08 €/m ² (espesor = 80 mm)	9.99 €/m ² (espesor = 30 mm)

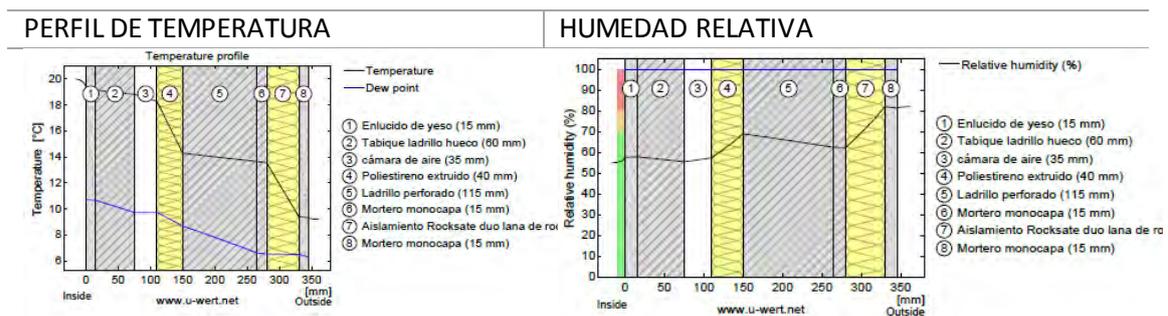
El aislamiento escogido será de la casa Rockwool Alpharock E-225, sus datos técnicos pueden consultarse en el anexo 5.

La nueva transmitancia obtenida en el forjado es:

- Transmitancia térmica: 0.494 W /m²K

5.2.3.2 COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

Como pasa con la cubierta, en este caso, la posición del aislante debe ser por el interior. Se comprueba igual que no existe peligro de formación de condensaciones intersticiales:



CONDICIONES EXTERIORES:

- Humedad relativa: 82%
- Temperatura: 9.2 °C

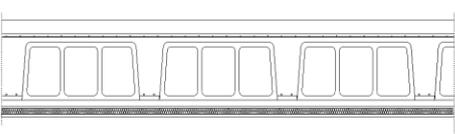
CONDICIONES INTERIORES:

- Humedad relativa: 55%
- Temperatura: 20 °C

Debido a la difícil ejecución que supondría aislar por encima del forjado, la solución más idónea será la de aislar por debajo del mismo. No hay riesgo de condensación superficial ni intersticial.

5.2.3.3 SOLUCIÓN FINAL

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, se realizará un aislamiento por el exterior con lana mineral Rockwool Alpharock E-225 de 30 mm de espesor

	U_M actual	U_M nuevo	U_M recomendado (España)	U_M máximo (Dinamarca)
	0.90 W/m ² K	0.49 W/m ² K	1.35 W/m ² K	0.12 W/m ² K

FORJADO

CAPA	ESPESOR (m)	λ (W/mK)	R= d/λ (m ² K/W)
Rsi			0,040
Capa de mortero Con capa de compresión y canto 300 mm	0,07	0,55	0,127272727
Panel de vidrio celular	0,300	1,579	0,190
Mortero de cemento	0,015	0,550	0,027
AISLAMIENTO	0,030	0,034	0,882
Mortero de cemento	0,015	0,550	0,027
Rse			0,130
		ΣR =	2,024

$$U = 1 / \Sigma R = 0,494 \text{ W/m}^2\text{k}$$

5.2.4 DEMANDA ENERGÉTICA Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

La mejora de la envolvente debe suponer un ahorro de energía, para comprobarlo se han introducido las nuevas transmitancias térmicas en el programa BE 10 y se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 7 Resultados energéticos estado modificado (Envolvente)

(kWh/m ² año)	ESTADO ACTUAL	ENVOLVENTE
CALEFACCIÓN	140.80	109.40
ELECTRICIDAD	0.80	0.70
REFRIGERACIÓN	15.30	18.30
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	11.10
(kWh/m ² año) ENERGÍA TOTAL	156.90	128.40

Se puede observar una disminución de los kWh de calor que se consume, así como una pequeña disminución en la electricidad. Debido a que un buen aislamiento mantiene una mayor temperatura interior en verano, los kWh de refrigeración aumentan. Las pérdidas de calor disminuyen lo que es directamente proporcional a un ahorro en la factura. Este cambio supone casi un 20% menos de energía total primaria. En posteriores capítulos se analizará si el cambio es rentable y en cuanto tiempo se pueden amortizar los gastos.

5.2.5 CARPINTERÍA EXTERIOR

Se ha decidido analizar las ventanas en otro apartado, debido que suele ser un gasto mucho mayor, pero también un ahorro más significativo de energía. Así se podrá observar cuán rentable la sustitución de ventanas.

Las ventanas actuales son de aluminio y doble acristalamiento, con una antigüedad de 19 años. Teniendo en cuenta que el aluminio es un material duradero, se analizarán dos tipos de sustitución:

- Opción 1: Cambio de perfilaría y acristalamiento, por uno de triple hoja.
- Opción 2: Cambio de acristalamiento.

5.2.5.1 OPCIÓN 1

Para comprobar los ahorros de este cambio, se han escogido las ventanas de la marca FINSTRAL, marco TOP 90 y vidrios Super-Valor, que presentan las siguientes características:

- Factor solar: 54%
- Transmitancia térmica del marco: 0.75 W/m²K
- Transmitancia térmica del vidrio: 0.60 W/m²K

A continuación se calculará la transmitancia térmica que tendría una ventana de dimensiones 1.30 * 1.77 m (V2) la más frecuente en este proyecto, y nos dará un valor orientativo, ya que por falta de datos no se puede calcular con exactitud.

Ag	2	m ²
Ug	0,6	W/m ² K
Af (Bottom)	0,1	m ²
Uf (Bottom)	0,75	W/m ² K
Af (Side/Top)	0,05	m ²
Uf (Side/Top)	0,75	W/m ² K
lg (Bottom)	1,3	m
Yg (Bottom)	0,08	W/mK
lg (Side/Top)	1,77	m
Yg (Side/Top)	0,08	W/mK

TRANSMITANCIA TÉRMICA V2 = 0.72 W/m²K



Figura 19 Carpintería TOP 90. (Fuente: FINSTRAL Ventanas)



Figura 20 Acristalamiento Super-Valor. (Fuente: FINSTRAL Ventanas)

La nueva transmitancia térmica y el nuevo factor solar, se han introducido en el programa, y se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 8 Resultados energéticos estado modificado (Ventanas de triple acristalamiento)

<i>(kWh/m² año)</i>	ESTADO ACTUAL	VENTANAS TRILE ACRISTALAMIENTO
CALEFACCIÓN	140.80	114.30
ELECTRICIDAD	0.80	0.70
REFRIGERACIÓN	15.30	14.60
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	11.30
(kWh/m ² año) ENERGÍA TOTAL	156.90	129.60

Gracias a estas ventanas se produce una reducción del 17.3% de la energía, casi el mismo porcentaje que mejorando toda la envolvente (20%).

5.2.5.2 OPCIÓN 2

. El acristalamiento escogido es de la misma casa Finstral, tipo Plus valor, con las mismas medidas que los actuales acristalamientos y con relleno de gas argón. Estos vidrios poseen las siguientes características:

- Factor solar: 65%
- Transmitancia térmica del vidrio: 1.10 W/m²K

Con los mismos cálculos que antes y los nuevos datos del nuevo acristalamiento se obtiene la nueva transmitancia térmica:

Ag	2	m ²
Ug	1,1	W/m ² K
Af (Bottom)	0,1	m ²
Uf (Bottom)	5,7	W/m ² K
Af (Side/Top)	0,05	m ²
Uf (Side/Top)	5,7	W/m ² K
lg (Bottom)	1,3	m
Yg (Bottom)	0,08	W/mK
lg (Side/Top)	1,77	m
Yg (Side/Top)	0,08	W/mK

TRANSMITANCIA TÉRMICA V2 = 1.53 W/m²K



Figura 21
Acristalamiento Doble Plus-Valor (Fuente: FINSTRAL Ventanas)

El resultado obtenido de la sustitución de vidrios son los siguientes:

Tabla 9 Resultados energéticos estado modificado (Ventanas de doble acristalamiento)

<i>(kWh/m² año)</i>	ESTADO ACTUAL	VENTANAS DOBLE ACRISTALAMIENTO
CALEFACCIÓN	140.80	118.70
ELECTRICIDAD	0.80	0.70
REFRIGERACIÓN	15.30	17.30
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	12.20
(kWh/m² año) ENERGÍA TOTAL	156.90	136.70

Con este cambio de vidrios, se producen un 12.80% de ahorro en energía. Si lo comparamos con las ventanas de triple acristalamiento, podemos admitir que la diferencia de ahorro es mayor con las ventanas de triple acristalamiento, pero la diferencia de precio hace que el cambio no sea rentable, por lo que se optará por la sustitución de vidrios. En capítulos siguientes se analizará la rentabilidad de este cambio y los años de su amortización.

5.2.5.3 SOLUCIÓN FINAL

El ahorro energético debido a la nueva envolvente más el cambio de acristalamiento, es el siguiente:

Tabla 10 Resultados energéticos estado modificado (Envolvente y ventanas de doble acristalamiento)

<i>(kWh/m² año)</i>	ESTADO ACTUAL	VENTANAS DOBLE ACRISTALAMIENTO + ENVOLVENTE
CALEFACCIÓN	140.80	87.90
ELECTRICIDAD	0.80	0.60
REFRIGERACIÓN	15.30	21.00
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	8.60
(kWh/m² año) ENERGÍA TOTAL	156.90	109.50

La diferencia del estado actual al nuevo, es de un 30%. Demostrando así, que la envolvente de un edificio es una de las partes más importantes a tener en cuenta si queremos conseguir un confort interior y una reducción de consumo de las instalaciones de calefacción. El único inconveniente de este cambio es el aumento de sobrecalentamiento en el interior del edificio, este problema intentará solventarse con instalaciones de ventilación, que se analizarán más adelante. Se observa también que se reduce casi un 50% la pérdida de calor que provocaba unos cerramientos mal aislados y unas ventanas de alta resistencia térmica. La amortización de este cambio se analizará más adelante.

5.2.6 SIMULACIÓN EN DINAMARCA

La nueva envolvente está formada por unos elementos que no cumplen con las mínimas transmitancias permitidas por las regulaciones danesas, ya que éstas son más exigentes por el clima además de acercarse a los standard passive house como se ha mencionado anteriormente. Aun así, se analizará que supondría este cambio en un clima como el Danés.

En una renovación energética en Dinamarca, a la hora de escoger las ventanas se deben seguir estos tres criterios:

- “Todas las puertas y ventanas situadas en las fachadas deben tener triple acristalamiento (4-12-4-12-4) con relleno de gas Argón, de baja emisividad térmica y con rotura de puente térmico” Recomendación de la ley DS418.
- Transmitancias térmicas recomendadas por DS418:

Table L.9 - U-values for building components

Building component	Placement in building	U-value in W/m ² K
Garden door	Family room	1,19
Between façade window	Kitchen/north west room/south west room and south east living room	1,05
Bay window	Bay	1,10
Doors	Scullery/hall/bedroom	1,16
Small façade window	Bedroom	1,07
Roof windows	Bathroom/toilet	1,70

Figura 22 Transmitancias térmicas recomendadas (Fuente: DS418: Calculations of heat loss from buildings)

- Cuando las ventanas sean remplazadas después del 1 de enero de 2016, la energía admitida en la estación de verano a través de estas ventanas no debe ser menor que 17 kWh/m²/año. Según indica la ley BR10 Apéndice 6. Para el cálculo de esta energía se sigue la siguiente fórmula:

Para las ventanas de fachada: $E_{REF} = I \times g_w - G \times U_w = 196.40 \times g_w - 90.36 \times U_w = 10.56$ kWh/m²/año

Para los lucernarios: $E_{REF} = I \times g_w - G \times U_w = 345 \times g_w - 90.36 \times U_w = 83.84$ kWh/m²/año

En el caso de las ventanas de la fachada la energía es 10.59 kWh/m²/año y no cumplirían este requisito en Dinamarca, aunque si lo cumplirían los lucernarios.

La conclusión sería que en Dinamarca, las ventanas de triple acristalamiento no son obligatorias pero si altamente recomendables, por lo que sería uno de los primeros cambios que se realizarían en una rehabilitación situada en Dinamarca.

A continuación se muestran lo que supondría la instalación de triple acristalamiento y la de doble:

Tabla 11 Resultados energéticos estado modificado en Dinamarca (Ventanas dobles y triples)

<i>(kWh/m² año)</i>	ESTADO ACTUAL (Dinamarca)	VENTANAS DOBLES (Dinamarca)	VENTANAS TRIPLES (Dinamarca)
CALEFACCIÓN	253.30	214.60	204.10
ELECTRICIDAD	1.30	1.10	1.10
REFRIGERACIÓN	0.00	0.00	0.00
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	12.20	11.30
(kWh/m² año) ENERGÍA TOTAL	254.60	215.70	205.20

La reducción mayor se produce con la instalación de ventanas triples, alcanzando casi un 20% de ahorro. El ahorro más significativo se produce en la pérdida de calor (30%).

Por lo tanto, las ventanas triples serían la solución escogida si la renovación fuese en Dinamarca, por recomendación y por resultados. Pero, como se ha decidido la sustitución de vidrios, ya que es la solución más económica**** a continuación se muestra los resultados de la simulación, obtenidos con la nueva envolvente y ventanas:

Tabla 12 Resultados energéticos estado modificado en Dinamarca (Envlovente y ventanas dobles)

<i>(kWh/m² año)</i>	ESTADO ACTUAL (Dinamarca)	ENVOLVENTE + VENTANAS DOBLES(Dinamarca)
CALEFACCIÓN	253.30	159.50
ELECTRICIDAD	1.30	0.90
REFRIGERACIÓN	0.00	0.00
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	8.60
(kWh/m² año) ENERGÍA TOTAL	254.60	160.40

La reducción del consumo energético es del 36%, un poco más que para España. Esto es debido a que en Dinamarca para que se produzca la necesidad de refrigeración se necesitan unas temperaturas mayores en el interior, es decir, unas transmitancias térmicas de la envolvente menores. Como se ha dicho antes, este cambio resultaría insuficiente para Dinamarca, debido al incremento de los valores de las transmitancias térmicas, y al hecho de no seguir las recomendaciones de instalación de triple acristalamiento.

5.3 MEJORA DE LAS INSTALACIONES

5.3.1 VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR

5.3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La instalación de este sistema consiste en colocar una unidad de ventilación con intercambiador de calor en el sótano; de esta unidad saldrá el conducto para la extracción de aire y el conducto para el suministro de aire. Otros dos conductos procedentes de la unidad de ventilación saldrán directos hacia el tejado para el intercambio de aire.

Para diseñar este sistema se han seguido estos tres principios:

- Principio de ventilación cruzada: El aire viene desde una habitación seca a través de las zonas de transferencia, hasta que llega a una habitación húmeda donde es extraído.

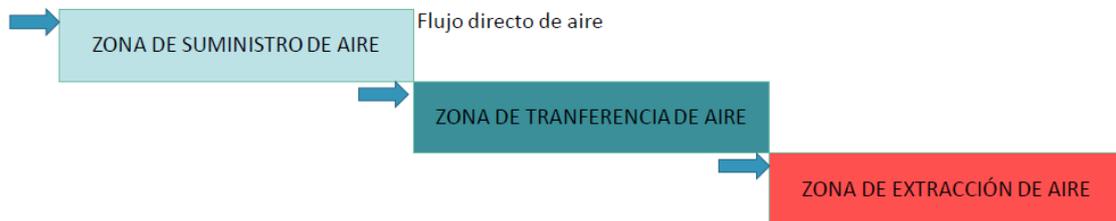


Figura 23 Principio de ventilación cruzada (Fuente: Elaboración propia)

- Principio de una conveniente ventilación en el hogar: este principio dice que el aire usado debe estar continuamente siendo extraído de las habitaciones con altos niveles de contaminación y humedad; y que el aire fresco debe ser suministrado en las áreas de mayor actividad. Por lo tanto podemos hacer el siguiente esquema para mostrar que habitaciones se instalará un conducto de extracción y cuáles de suministro:

Tabla 13 Tipo de ventilación según habitación

HABITACIÓN	EXTRACCIÓN	SUMINISTRO	DE TRANSFERENCIA
Salón		X	
Habitaciones		X	
Aseos	X		
Cocina	X		
Pasillo			X
Zona de escaleras			X

- Principio de equilibrio: Es un estado, en el que la cantidad de aire extraído debe ser igual a la cantidad de aire suministrado.

5.3.1.2 DIMENSIONADO

5.3.1.2.1 CAUDAL DE AIRE

Siguiendo los principios descritos anteriormente, podemos distinguir en la vivienda de estudio las diferentes zonas de ventilación:



Figura 24 Esquema de habitaciones y zonas de ventilación. (Fuente: elaboración propia)



Teniendo en cuenta los caudales de ventilación mínimos exigidos por el CTE-DB-HE-3, donde se describe la cantidad de aire mínima por cada habitación, dependiendo de la ocupación y de la superficie:

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local ⁽¹⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

⁽¹⁾ Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Figura 25 Caudales de ventilación mínimos. (Fuente: CTE-DB-HE-3)

La siguiente tabla muestra los caudales necesarios para cada habitación y el caudal total para la vivienda de estudio:

Tabla 14 Cálculo de los caudales mínimos

HABITACIÓN	H1	H2	H3	H4	H5	H6	A1	A2	A3	A4	S	C
Personas	1	1	1	2	2	2					9	
Área (m ²)												9.44
MIN. caudal (l/s/persona)	5	5	5	5	5	5					3	
MIN. caudal (l/m ² /persona)												2
MIN.caudal (l/s) por local							-15	-15	-15	-15		
CAUDAL DE AIRE (l/s)	5	5	5	10	10	10	-15	-15	-15	-15	27	-18.88

Caudal de ventilación de suministro	77 l/s
Caudal de ventilación de extracción	78.88 l/s

Según el principio de equilibrio, el caudal mínimo de ventilación será 78.88 l/s

5.3.1.2.2 SISTEMA DE CONDUCTOS

Para calcular las dimensiones de los conductos, primero se diseña el recorrido necesario para llegar a cada habitación. El siguiente

esquema muestra el sistema de inhalación y expulsión de aire para esta vivienda unifamiliar. Para minimizar el consumo de energía de los conductos, el recorrido es diseñado lo más corto, recto y directo posible.

La línea roja representa el sistema de extracción y la línea verde representa el sistema de suministro.

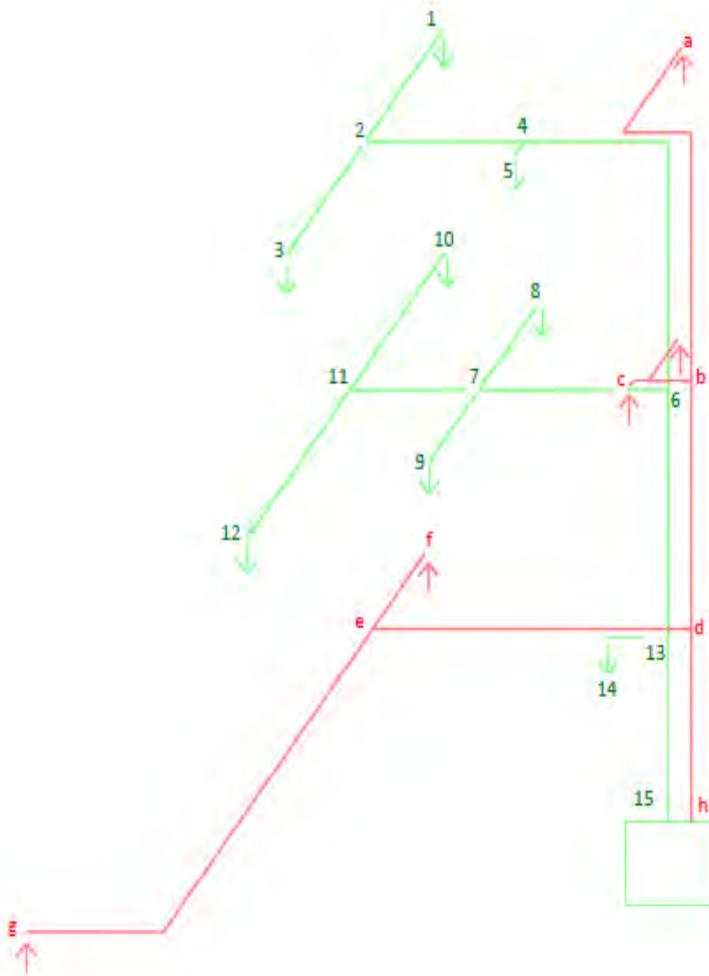


Figura 26 Esquema de conductos de ventilación. (Fuente: elaboración propia)

El cálculo de los conductos está basado en la velocidad que adquiere el aire. Según la siguiente fórmula se podrá averiguar el área necesaria:

Tabla 15 Velocidad del aire según el tipo de conducto

CONDUCTO PRINCIPAL	3.5 – 4.5 m/s
DERIVACIÓN	3.0 m/s
CONDUCTO DE CONEXIÓN	2.5 m/s

$$\frac{q}{v} = A$$

A = Área del conducto (m²)
q = caudal de aire (m³/s)
v = velocidad del aire (m/s)

5.3.1.2.2.1 Conductos de Extracción

Tabla 16 Diámetros para conductos de extracción

PAR T	qv (l/s)	qv (m3/s)	Type (MBC)	Velocity (m/s)	Section (m2)	Diameter (m)	Final diameter
a-b	15,00	0,02	C	2,50	0,01	0,09	100,00
b-c	30,00	0,03	C	2,50	0,01	0,12	140,00
b-d	45,00	0,05	M	3,00	0,02	0,14	140,00
d-e	33,88	0,03	B	2,50	0,01	0,13	160,00
e-f	18,88	0,02	C	4,00	0,00	0,08	100,00
e-g	15,00	0,02	C	4,00	0,00	0,07	80,00
d-h	78,88	0,08	M	3,00	0,03	0,18	200,00

5.3.1.2.2.2 Conductos de suministro

Tabla 17 Diámetro para conductos de suministro

PART	qv (l/s)	qv (m3/s)	Qdim (m3/s)	Type (MBC)	Velocity (m/s)	Section (m2)	Diameter (m)	Final diameter
1-2	10	0,01	0,010	C	2,5	0,004	0,072	80
2-3	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
2-4	15	0,015	0,015	B	3	0,005	0,081	100
4-5	10	0,01	0,010	C	2,5	0,004	0,072	80
4-6	25	0,025	0,026	M	4	0,006	0,091	100
6-7	25	0,025	0,026	B	3	0,009	0,105	112
7-8	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
7-9	10	0,01	0,010	C	2,5	0,004	0,072	80
7-11	10	0,01	0,010	B	3	0,003	0,066	80
11-10	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
11-12	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
6-13	50	0,05	0,052	M	4	0,013	0,128	140
13-14	27	0,027	0,028	C	2,5	0,011	0,119	140
13-15	77	0,077	0,079	M	4	0,020	0,159	160
13-16	77	0,077	0,079	M	4	0,020	0,159	160

5.3.1.2.3 UNIDAD DE VENTILACIÓN

Para poder comprobar que la unidad de ventilación es la correcta para nuestro sistema de ventilación, se deberá calcular la pérdida de presión del recorrido más crítico de nuestro circuito (punto 10 a punto 16).

Tabla 18 Pérdida de presión del camino crítico

Part	q ^v		Dimension mm	D _h mm	v m/s	l m	R Pa/m	p _d Pa	Σζ	Δp _t Pa	ΣΔp _t Pa
	m ³ /s	m ³ /h									
10										1	1
10 - 11	0,007	25,2	63	100	2,25	2	2,5			5	9
								3,02	1,1	3	
7 - 11	0,013	46,8	80	100	2,59	1,7	1			2	18
								4,01	1,74	7	
7 - 6	0,033	118,8	100	100	4,20	2,5	2,5			6	32
								10,5	0,72	8	
6 - 13	0,052	187,2	160	160	2,59	2,7	0,6			2	34
								1,01	0,62	1	
13 - 15	0,08	288	200	200	2,55	2	1,5			3	37
								0	0,5	0	
15 - 16	0,08	288	200	200	2,55	7,4	1,5			11	49
								3,8	0,25	1	

El modelo 300LR de Nilan, es una unidad de ventilación con intercambiador de calor para viviendas, con un caudal máximo de aire de 325 m³/h. El caudal actual es de 316 m³/h.

5.3.1.2.3.1 CAPACIDAD

El consumo de energía de una buena unidad de ventilación debe ser menos que 1000 J/m³ según lo recomendado por el BR10 Para comprobar que esta unidad de ventilación es adecuada a nuestro circuito, contamos con gráficas proporcionadas por el suministrador:

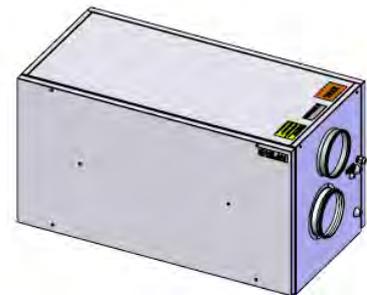


Figura 27 Unidad de ventilación Nilan 300 LR. (Fuente: catálogo Nilan)

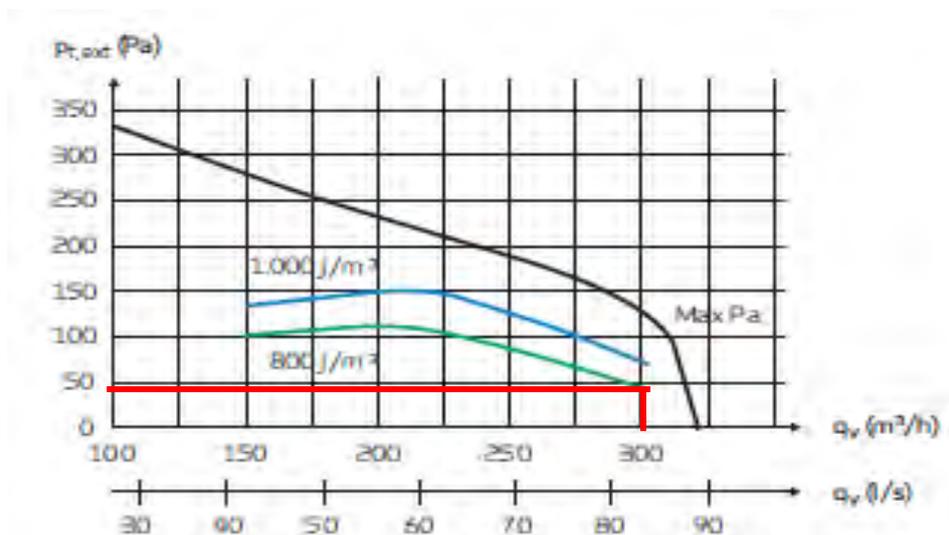


Figura 28 Gráfica de consumo de energía. (Fuente: Información técnica Nilan 300LR)

Se puede observar que con la pérdida de presión causada por los conductos y nuestro caudal de aire total, el consumo de energía es de $800 \text{ J/m}^3 < 1000 \text{ J/m}^3$. Viendo la gráfica se puede afirmar que la máxima pérdida de presión que aceptaría esta unidad es de 100 Pa.

5.3.1.2.3.2 EFICIENCIA DE TEMPERATURA

La eficiencia de temperatura mínima recomendada por las leyes danesas (BR10) que debe poseer un intercambiador de calor es de 75%. Esto quiere decir que un 75% de calor contenido en el aire extraído es recuperado. Según la gráfica siguiente perteneciente al modelo escogido, se comprobará que la unidad de ventilación tiene como mínimo 75% de eficiencia:

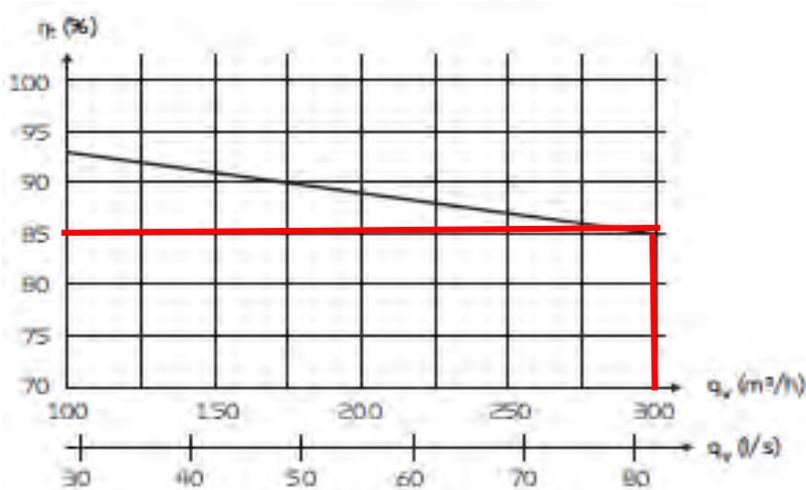


Figura 29 Gráfica de eficacia. (Fuente: Información técnica Nilan 300LR)

La documentación técnica sobre la unidad de ventilación escogida, se encuentra adjuntada en el anexo 7.

5.3.1.3 DEMANDA ENERGÉTICA

Tabla 19 Resultados energéticos estado modificado (Ventilación)

(kWh/m ² año)	ESTADO ACTUAL	VENTILACIÓN	VENTILACIÓN + ENVOLVENTE	VENTILACIÓN+ENVOLVENTE+ VENTANAS
CALEFACCIÓN	140.80	143.80	113.10	91.70
ELECTRICIDAD	0.80	3.0	2.90	2.80
REFRIGERACIÓN	15.30	11.10	13.00	15.00
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	15.60	12.00	9.00
(kWh/m ² año) ENERGÍA TOTAL	156.90	157.90	129.00	118.5

Puede observarse que un sistema de ventilación que no cuente con una buena envolvente no es eficiente, aumentando el gasto de energía. Anteriormente se ha llegado a la conclusión de que la nueva envolvente y las nuevas ventanas, llegan a ahorrar un 30%. Pues si instalamos un sistema de ventilación ahorraremos un 25%, a simple vista no parece un cambio factible, aunque si lo analizamos, se conseguiría una calidad de aire inmejorable, además de disminuir las pérdidas de calor, aumentando la estabilidad térmica en el interior.

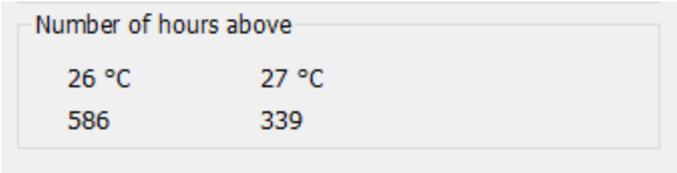
Posteriormente se analizará si dicha solución es rentable y cuantos años de amortización serán los necesarios.

5.3.1.4 SIMULACIÓN EN DINAMARCA

La norma danesa dedica el punto 6. De la ley BR 10 para hablar de los requisitos mínimos que debe tener el ambiente interior de los edificios. Para ello limita la calidad del aire interior, el ambiente térmico, acústico y luminoso. Lo que envuelva a la ventilación será la calidad de aire interior y el ambiente térmico.

En cuanto a la calidad del aire para viviendas unifamiliares, exige que se suministre al menos 0.3 l/s/m² de aire fresco en toda la casa. Por lo tanto, 0.3 l/s x 244 m² = 73.20 l/s es un valor menor que el caudal calculado siguiendo el CTE de 78.88 l/s. Podemos afirmar que los requisitos españoles en cuanto a aire interior cumplen los standard daneses.

Si hablamos de ambiente térmico, la ley danesa recomienda que las horas anuales en las que la temperatura sea mayor que 26°C no superen las 100 horas, así como las 25 horas anuales en donde la temperatura supere los 27°C. Para hacer esta comprobación, existe un apartado en el programa BE 10 que calcula las horas en estos grados, en la habitación más ventilada:



Number of hours above	
26 °C	27 °C
586	339

Figura 30 Número de horas a temperatura 26º y 27º. (Fuente: BE10)

Vemos que esta recomendación no se cumple. Esta recomendación, estará penalizada con un factor de corrección sobre la energía primaria total, tal y como se explica en el anexo 1.

La instalación de un sistema de ventilación de recuperación de calor es algo muy común en las nuevas construcciones danesas así como en las rehabilitaciones. Existe una normativa que regula su dimensionado así como varios documentos para encontrar el sistema más eficiente, como son el DS4473 “*Ergonomics of the thermal environment*”, DS-CEN-CR 1752 “*Ventilation for buildings*”, DS447 EN “*Ventilation in buildings*”

A continuación se muestran los resultados de la simulación de esta vivienda situada en Dinamarca:

Tabla 20 Resultados energéticos estado modificado en Dinamarca (Ventilación)

(kWh/m ² año)	ESTADO ACTUAL (Dinamarca)	VENTILACIÓN (Dinamarca)	VENTILACIÓN+ ENVOLVENTE	VENTILACIÓN+ ENVOLVENTE+ VENTANAS
CALEFACCIÓN	253.30	259.90	204.80	165.70
ELECTRICIDAD	1.30	3.60	3.30	3.10
REFRIGERACIÓN	0.00	0.00	0.00	0.00
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	15.60	12.00	9.00
(kWh/m ² año) ENERGÍA TOTAL	254.60	236.50	208.10	168.80

Se puede observar que la instalación de ventilación con la adecuada envolvente y nuevas ventanas, se producen un 30% de ahorros energéticos. Por tanto, la instalación de una ventilación con recuperación de calor es más eficiente en Dinamarca que en España.

5.3.2 INSTALACIÓN DE BOMBA DE CALOR

5.3.2.1 TIPO DE BOMBA DE CALOR

La instalación de una bomba que adquiera el calor de la tierra, supondría un gasto mayor, debido a las obras que se realizarían en la parcela, así como el circuito destinado para el brine, por eso, en este caso se estudiará, la incorporación de una bomba de aire, por su fácil instalación y rentabilidad.

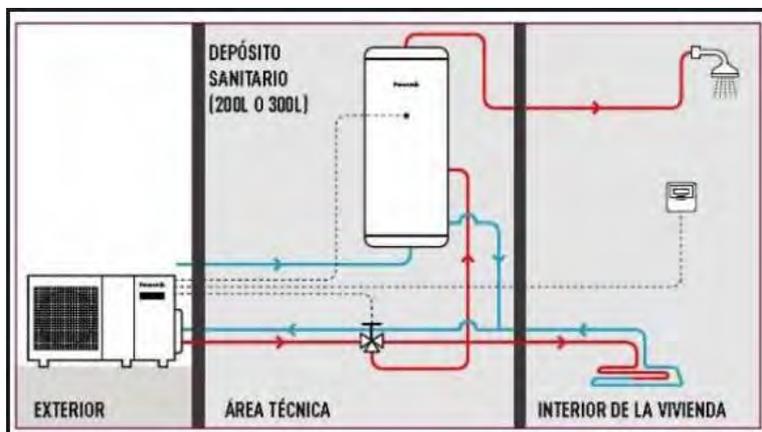


Figura 31 Bomba de aire (Fuente: Bombas de calor. Veranoinstalaciones)

Para dimensionar correctamente la bomba de calor, habrá que solventar al menos las pérdidas de calor que tenga la vivienda en el momento de la instalación. Por eso mismo, se ha seleccionado un mismo modelo, con diferentes potenciales.

En cada situación se estudiará la instalación de la correspondiente bomba. Las tres situaciones son:

- Si en la vivienda actual queremos instalar una bomba de calor, esta debe de tener una capacidad de calefacción igual o mayor a 15.10 kW

- Si en la vivienda mejorada con la nueva envolvente y nuevas ventanas se instala una bomba de calor, esta debe tener una capacidad calorífica de al menos 8.60 kW
- Si la vivienda mejorada con la nueva envolvente, ventanas y ventilación se instala una bomba de calor, esta debe tener una capacidad igual o mayor a 9kW

Se analizará cada situación utilizando una bomba de calor de la casa Panasonic, modelo: Aquarea Bibloc monofásica. Para cualquiera de las anteriores potencias, el COP es superior a 4. El sistema contará con una unidad en el exterior colocada en la fachada posterior, y un depósito colocado en la cocina, dónde actualmente se encuentra la caldera como se muestra en la imagen:



Figura 32 Bomba de calor Aquarea Bibloc.
(Fuente: Catálogo Panasonic)

Figura 33 Situación de la unidad exterior e interior (Fuente: elaboración propia)

Para más información sobre las características de la bomba, véase anexo 8.

5.3.2.2 DEMANDA ENERGÉTICA

Los resultados en los tres casos son los siguientes:

Tabla 21 Resultados energéticos estado modificado (Bomba de calor)

(kWh/m ² año)	ESTADO ACTUAL	BOMBA DE CALOR	ENVOLVENTE+ VENTANAS+ BOMBA DE CALOR	ENVOLVENTE+VENTANAS+ VENTILACIÓN+ BOMBA DE CALOR
CALEFACCIÓN	140.80	0.00	0.00	0.00
ELECTRICIDAD	0.80	43.80	29.60	33.00
REFRIGERACIÓN	15.30	14.10	19.60	13.60
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	15.10	8.60	9.00
(kWh/m² año) ENERGÍA TOTAL	156.90	57.90	49.20	46.60

Se puede considerar la instalación de la bomba de calor uno de los cambios que supone mayor ahorro. Solamente instalando una bomba de calor en el estado actual, ahorraríamos un 63% de

energía. 68% de energía si la combinamos con la nueva envolvente y ventanas, y un 70% con la ventilación. Como todos los cambios suponen un gran ahorro final, su rentabilidad se analizará más adelante, en el capítulo correspondiente.

5.3.2.3 SIMULACIÓN EN DINAMARCA

La situación en Dinamarca para las instalaciones de calefacción y agua caliente, es un tanto diferente a España. En Dinamarca cuentan con “District Heating” esta solución suele ser más rentable, de fácil instalación y más sostenible. Las plantas de District Heating producen y suministran energía para los consumidores a través de una red pública de tuberías que llevan agua caliente, y puede ser usada tanto para calefacción como para agua caliente sanitaria. En el caso de agua caliente sanitaria se usa un intercambiador de calor donde el agua suministrada por el District Heating es usada para calentar el agua que sale de los grifos. Por otro lado, en el caso de la calefacción, el agua suministrada se usa directamente.

Una vez usado el agua caliente que proporciona el District Heating, este regresa otra vez a la planta. Por lo tanto este sistema se compone de un circuito cerrado.

El recurso de energía usado para el District heating puede ser cualquiera, renovables (Biomasa, solar, geotérmica) o las tradicionales fuentes de energía.

Actualmente más del 50% del total del consumo calorífica en Dinamarca es proporcionado por la red de District Heating, pero en muchos pueblos donde el district heating no está instalado, las bombas de calor se convierten en la mejor solución para una renovación o construcción nueva.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la instalación de una bomba de calor, en caso de que la vivienda se situase en Dinamarca:

Tabla 22 Resultados energéticos estado modificado en Dinamarca (Bomba de calor)

<i>(kWh/m² año)</i>	ESTADO ACTUAL (Dinamarca)	BOMBA DE CALOR (Dinamarca)	ENVOLVENTE + VENTANAS+ BOMBA DE CALOR	ENVOLVENTE+VENTANAS + VENTILACIÓN+ BOMBA DE CALOR
CALEFACCIÓN	253.30	0.00	0.00	0.00
ELECTRICIDAD	1.30	74.60	50.10	54.10
REFRIGERACIÓN	0.00	0.00	0.00	0.00
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	15.10	8.60	9.00
(kWh/m² año) ENERGÍA TOTAL	254.60	74.60	50.10	54.10

5.3.3 PANELES FOTOVOLTAICOS

5.3.3.1 TIPO DE PANELES

El modelo escogido de paneles fotovoltaicos es de la marca “Autosolar” y tienen las siguientes características:

A-xxxP GSE (xxx = potencia nominal)				
Características eléctricas				
Potencia Máxima (P _{max})	230 W	240 W	250 W	260 W
Tensión Máxima Potencia (V _{mp})	30,51 V	30,88 V	31,26 V	31,62 V
Corriente Máxima Potencia (I _{mp})	7,56 A	7,80 A	8,02 A	8,28 A
Tensión de Circuito Abierto (V _{oc})	36,83 V	37,76 V	38,68 V	39,60 V
Corriente en Cortocircuito (I _{sc})	7,96 A	8,21 A	8,37 A	8,67 A
Eficiencia del Módulo (%)	14,11	14,73	15,34	15,95
Tolerancia de Potencia (W)				0/+5
Máxima Serie de Fusibles (A)				15
Máxima Tensión del Sistema				DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL)
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)				46±3

Figura 34 Tabla de características de paneles Autosolar. (Fuente: datos técnicos de panel Autosolar)

Serán instalados en la cubierta de la vivienda, lo que proporciona una superficie libre de 118 m² y teniendo en cuenta que la superficie de un solo panel es de 1.63 m² tenemos suficiente espacio.

Utilizando el BE 10, llegamos a la conclusión de que se necesitarán 24 paneles para suministrar la electricidad necesaria.

El sistema estará completo con la instalación de un inversor, que transforma la corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna, que es la que circula por la red de consumo eléctrico.

En el capítulo destinado a la amortización de las soluciones, se calculará que número de paneles es el más rentable y económica.



Figura 35 Panel Autosolar. (Fuente: Catálogo Autosolar)

Cuando calculamos la certificación energética por la Herramienta Unificada Lider Calener, nos pregunta sobre la energía generada y autocconsumida (kWh/año) Este dato el BE 10 no lo facilita. Para calcular esta cantidad de energía, se usará la página web <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis> que facilita los kWh/año dependiendo del tipo de panel y la radiación.

Fixed system: inclination=30°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.45	13.9	2.43	75.4
Feb	0.66	18.5	3.63	102
Mar	0.88	27.1	5.01	155
Apr	0.94	28.2	5.42	163
May	0.97	30.1	5.64	175
Jun	1.02	30.7	6.01	180
Jul	1.04	32.1	6.16	191
Aug	1.03	32.0	6.12	190
Sep	0.97	29.2	5.70	171
Oct	0.73	22.6	4.16	129
Nov	0.51	15.3	2.79	83.8
Dec	0.46	14.3	2.51	77.7
Yearly average	0.806	24.5	4.64	141
Total for year		294		1690

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)
 E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)
 H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)
 H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Figura 36 Energía generada por paneles Autosolar

5.3.3.2 NUEVA DEMANDA

La instalación de 24 paneles solares obtienen los siguientes resultados:

Tabla 23 Resultados energéticos estado modificado (Paneles fotovoltaicos)

(kWh/m ² año)	ESTADO ACTUAL	ENVOLVE NTE+ BOMBA+ PANELES	ENVOLVENTE+ VENTANAS+ BOMBA DE CALOR+PANELES	ENVOLVENTE+VENTANA S+ VENTILACIÓN+ BOMBA DE CALOR+PANELES
CALEFACCIÓN	140.80	0.00	0.00	0.00
ELECTRICIDAD	0.80	6.70	0.20	0.90
REFRIGERACIÓN	15.30	16.90	19.60	13.60
(kW/año)PÉRDIDA DE CALOR	15.10	11.50	8.60	9.00
(kWh/m ² año) ENERGÍA TOTAL	156.90	16.30	28.20	14.50

Se ve una clara disminución de la energía, aun que observamos que simplemente con una nueva envolvente, bomba de calor y paneles se consigue un gran resultado.

Como ya se ha dicho, el cambio más rentable será analizado en el siguiente capítulo.

5.3.3.3 SIMULACIÓN EN DINAMARCA

La situación en Dinamarca es igual que en España, cuando hablamos de licencias y contratos, por lo que la única diferencia será en precio del kWh, que será analizado posteriormente.

Tabla 24 Resultados energéticos estado modificado en Dinamarca (Paneles fotovoltaicos)

<i>(kWh/m² año)</i>	ESTADO ACTUAL (Dinamarca)	ENVOLVENTE + BOMBA + PANELES (Dinamarca)	ENVOLVENTE + VENTANAS + BOMBA DE CALOR + PANELES	ENVOLVENTE + VENTANAS + VENTILACIÓN + BOMBA DE CALOR + PANELES
CALEFACCIÓN	253.30	0.00	0.00	0.00
ELECTRICIDAD	1.30	46.30	33.30	34.60
REFRIGERACIÓN	0.00	0.00	0.00	0.00
(kW/año) PÉRDIDA DE CALOR	15.10	15.10	8.60	9.00
(kWh/m² año) ENERGÍA TOTAL	254.60	46.30	33.30	34.60

En este caso el cambio con mayor ahorro es el de envolvente, ventanas, bomba de calor y paneles, aunque no se diferencia mucho si añadimos la ventilación, y esto si supondría una mejora de las condiciones interiores.

5.4 RESUMEN DE RESULTADOS

Considerando todos los puntos anteriores, se podrán realizar 14 soluciones diferentes, a continuación se muestra una tabla resumen de la reducción que supone cada cambio en el gasto de electricidad y gas.

Tabla 25 Resumen de los consumos

Nº ORDEN	DESCRIPCIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)
0	Estado Actual	34355,20	195,20
1	Aislamiento	26693,60	170,80
2	Ventanas	28962,80	170,80
3	Aislamiento + Ventanas	21447,60	146,40
4	Ventilación	35087,20	73,20
5	Aislamiento + Ventilación	27596,40	707,60
6	Ventanas + Ventilación	29816,80	732,00
7	Envolvente + Ventanas Ventilación	22374,80	683,20
8	Bomba de calor	0,00	10687,20
9	Envolvente + Bomba de calor	0,00	7905,60
10	Envolvente + Ventanas + Bomba de calor	0,00	7222,40
11	Envolvente + Ventanas + Ventilación Bomba de calor	0,00	8052,00
12	Envolvente + Bomba de calor + Paneles fotovoltaicos	0,00	1634,80
13	Envolvente + Ventanas + Bomba de calor + Paneles fotovoltaicos	0,00	48,80
14	Envolvente + Ventanas + Ventilación + Bomba de calor + Paneles fotovoltaicos	0,00	219,60

5.4.1 RESUMEN DE PRESUPUESTO

El presupuesto completo se puede consultar en el anexo 10. A continuación se muestra una tabla resumen por capítulos, del dinero que será invertido para cada solución:

Tabla 26 Resumen del presupuesto

CAPITULO	DESCRIPCIÓN	COSTE (€)	%	Coste por capítulo
1	AISLAMIENTO	4498,56	10,9	6804,07
2	ACRISTALAMIENTO	1416,5	3,4	2142,46
3	VENTILACIÓN	23344,73	56,3	35308,90
4	BOMBA DE CALOR	7025,15	17,0	10625,54
5	PANELES FOTOVOLTAICOS	5155,08	12,4	7797,06
Presupuesto de ejecución material		41440,02	100,0	
Presupuesto de contrata		62.678,03		

5.5 AMORTIZACIÓN

Para eliminar los cambios con mayores años de amortización, se realizará una tabla donde se estudie la rentabilidad de cada cambio, considerando los precios de la electricidad y gas constantes, según el mes de Diciembre 2015:

Tabla 27 Rentabilidad

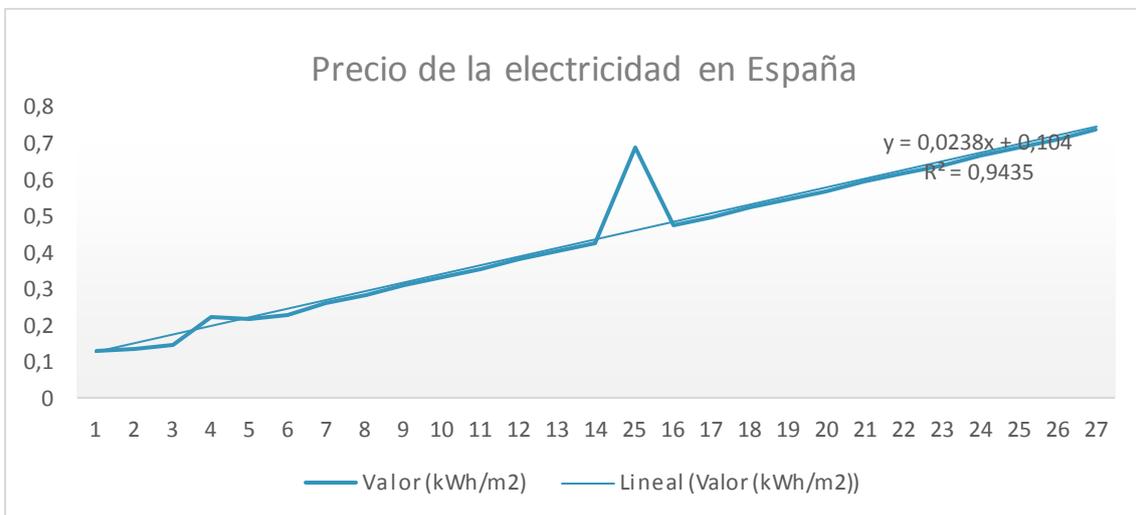
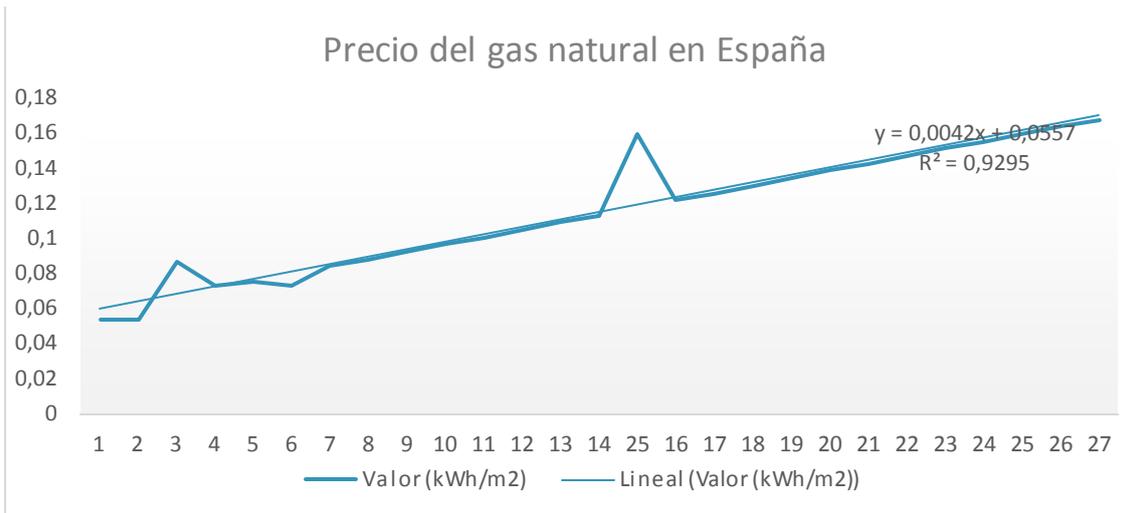
Nº ORDEN	DESCRIPCIÓN	VIDA ÚTIL	INVERSIÓN (€)	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (kWh / €)	COSTES EN GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (kWh/€)	COSTES EN ELECTRICIDAD (€)	COSTES TOTALES(€)	AHORROS (€)	RENTABILIDAD
0	Estado Actual			34355,20		2507,93	195,20		45,09	2553,02		
1	Aislamiento	40	6904,07	26693,60	0,07	1946,63	170,60	0,23	39,45	1985,09	564,93	3,32
2	Ventanas	30	2142,46	28962,80	0,07	2114,28	170,80	0,23	39,45	2153,74	399,28	5,59
3	Aislamiento Ventanas	40	8946,53	21447,60	0,07	1965,67	146,40	0,23	33,82	1999,49	953,53	4,26
4	Ventilación	20	35308,91	35087,20	0,07	2561,37	73,20	0,23	16,91	2578,27	-25,25	-0,01
5	Aislamiento Ventilación	40	42112,98	27596,40	0,07	2014,54	707,60	0,23	163,46	2177,99	375,03	0,36
6	Ventanas Ventilación	20	37451,37	29816,80	0,07	2176,63	732,00	0,23	169,09	2345,72	207,30	0,11
7	Envolvente Ventanas Ventilación	40	44255,44	22374,80	0,07	1633,36	683,20	0,23	157,82	1791,18	761,84	0,69
8	Bomba de calor	30	10625,54	0,00	0,07	0,00	10687,20	0,23	2468,74	2468,74	84,28	0,24
9	Envolvente Bomba de calor	40	17429,61	0,00	0,07	0,00	7905,60	0,23	1826,19	1826,19	726,83	1,67
10	Envolvente Ventanas Bomba de calor	40	19572,07	0,00	0,07	0,00	7222,40	0,23	1668,37	1668,37	884,65	1,81
11	Envolvente Ventanas Ventilación Bomba de calor	40	54880,98	0,00	0,07	0,00	8052,00	0,23	1880,01	1880,01	693,01	0,51
12	Envolvente Bomba de calor Paneles fotovoltaicos	40	25226,67	0,00	0,07	0,00	1634,80	0,23	377,64	377,64	2175,38	3,45
13	Envolvente Ventanas Bomba de calor Paneles fotovoltaicos	40	27369,13	0,00	0,07	0,00	48,80	0,23	11,27	11,27	2541,75	3,71
14	Envolvente Ventanas Ventilación Bomba de calor Paneles fotovoltaicos	40	62678,04	0,00	0,07	0,00	219,60	0,23	50,73	50,73	2502,29	1,60

El resultado de la ecuación:

$$\frac{\text{Ahorros anuales (€/año)} \times \text{Vida útil (Años)}}{\text{Inversión (€)}} > 1.33$$

Si el ahorro anual lo multiplicamos por la vida útil del conjunto, lo dividimos entre la inversión y el resultado es un número mayor de 1.33, significa que ese cambio será rentable, ya que tendrá una amortización menor del 75% de su vida útil.

Por lo tanto, para cada uno de los cambios, se calculará el año de amortización, utilizando los precios de electricidad y gas para los años posteriores. Estos precios han sido calculados mediante una línea de regresión, gracias a los datos facilitados por la Eurostat diendo el año 1 (2010) y el año 27 (2036):



5.5.1 AISLAMIENTO

Tabla 28 Años de amortización de la incorporación de aislamiento

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/kWh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (€/kWh)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	2239,59		0,26	44,94	45,20	2507,82		
2,00			0,09	2351,71		0,29	48,99	49,27	2503,75	5011,57	1792,50
3,00			0,09	2463,82		0,31	53,03	53,34	2499,68	7511,25	-707,18
4,00			0,10	2575,93		0,33	57,08	57,42	2495,61	10006,85	-3202,78
5,00			0,10	2688,05		0,36	61,13	61,49	2491,53	12498,38	-5694,31
6,00			0,10	2800,16		0,38	65,18	65,56	2487,46	14985,85	-8181,78
7,00			0,11	2912,27		0,41	69,23	69,63	2483,39	17469,24	-10665,17
8,00			0,11	3024,38		0,43	73,27	73,70	2479,32	19948,56	-13144,49
9,00			0,16	4257,63		0,69	117,80	118,49	2434,53	22383,09	-15579,02
10,00			0,12	3248,61		0,48	81,37	81,85	2471,18	24854,26	-18050,19
11,00			0,13	3360,72		0,50	85,42	85,92	2467,10	27321,36	-20517,29
12,00			0,13	3472,84		0,52	89,47	89,99	2463,03	29784,40	-22980,33
13,00			0,13	3584,95		0,55	93,51	94,06	2458,96	32243,36	-25439,29
14,00			0,14	3697,06		0,57	97,56	98,13	2454,89	34698,25	-27894,18
15,00			0,14	3809,18		0,59	101,61	102,20	2450,82	37149,06	-30344,99
16,00			0,15	3921,29		0,62	105,66	106,28	2446,75	39595,81	-32791,74
17,00			0,15	4033,40		0,64	109,70	110,35	2442,67	42038,48	-35234,41
18,00			0,16	4145,52		0,67	113,75	114,42	2438,60	44477,08	-37673,01
19,00			0,16	4257,63		0,69	117,80	118,49	2434,53	46911,61	-40107,54
20,00			0,16	4369,74		0,71	121,85	122,56	2430,46	49342,07	-42538,00
21,00			0,17	4481,86		0,74	125,90	126,63	2426,39	51768,46	-44964,39

Teniendo en cuenta la variación de precios del gas y electricidad por año, resulta que en el tercer año (2018) la inversión de la incorporación del nuevo aislamiento estaría recuperada.

5.5.2 VENTANAS

Tabla 29 Años de amortización de la implantación de ventanas

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/Kwh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (kWh/€)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	2429,98		0,26	44,94	2474,92	78,10		
2,00			0,09	2551,62		0,29	48,99	2600,61	-47,59	30,52	2111,94
3,00			0,09	2673,27		0,31	53,03	2726,30	-173,28	-142,76	2285,22
4,00			0,10	2794,91		0,33	57,08	2851,99	-298,97	-441,73	2584,19
5,00			0,10	2916,55		0,36	61,13	2977,68	-424,66	-866,40	3008,88
6,00			0,10	3038,20		0,38	65,18	3103,38	-550,35	-1416,75	3559,21
7,00			0,11	3159,84		0,41	69,23	3229,07	-676,05	-2092,80	4235,26
8,00			0,11	3281,49		0,43	73,27	3354,76	-801,74	-2894,53	5036,99
9,00			0,16	4619,57		0,69	117,80	4737,37	-2184,35	-5078,88	7221,34
10,00			0,12	3524,77		0,48	81,37	3606,14	-1053,12	-6132,00	8274,46
11,00	2142,46	28962,80	0,13	3646,42	170,80	0,50	85,42	3731,83	-1178,81	-7310,81	9453,27
12,00			0,13	3768,06		0,52	89,47	3857,53	-1304,50	-8615,32	10757,78
13,00			0,13	3889,70		0,55	93,51	3983,22	-1430,20	-10045,51	12187,97
14,00			0,14	4011,35		0,57	97,56	4108,91	-1555,89	-11601,40	13743,86
15,00			0,14	4132,99		0,59	101,61	4234,60	-1681,58	-13282,98	15425,44
16,00			0,15	4254,64		0,62	105,66	4360,29	-1807,27	-15090,25	17232,71
17,00			0,15	4376,28		0,64	109,70	4485,98	-1932,96	-17023,22	19165,68
18,00			0,16	4497,92		0,67	113,75	4611,68	-2058,65	-19081,87	21224,33
19,00			0,16	4619,57		0,69	117,80	4737,37	-2184,35	-21266,22	23408,68
20,00			0,16	4741,21		0,71	121,85	4863,06	-2310,04	-23576,26	25718,72
21,00			0,17	4862,85		0,74	125,90	4988,75	-2435,73	-26011,99	28154,45

Comprobamos que la amortización de los nuevos vidrios superaría los 21 años. Por lo que se considera un cambio no rentable el reemplazar únicamente los vidrios sobre el estado actual.

5.5.3 AISLAMIENTO Y VENTANAS

Tabla 30 Años de amortización de la implantación de aislamiento y ventanas

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/Kwh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (kWh/€)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	1799,45		0,26	411,93	2211,38	341,64		
2,00			0,09	1889,53		0,29	449,03	2338,57	214,45	8390,44	556,09
3,00			0,09	1979,61		0,31	486,14	2465,75	87,27	8477,70	468,83
4,00			0,10	2069,69		0,33	523,25	2592,94	-39,92	8437,78	508,75
5,00			0,10	2159,77		0,36	560,35	2720,13	-167,11	8270,68	675,85
6,00			0,10	2249,85		0,38	597,46	2847,31	-294,29	7976,39	970,14
7,00			0,11	2339,93		0,41	634,57	2974,50	-421,48	7554,91	1391,62
8,00			0,11	2430,01		0,43	671,67	3101,69	-548,66	7006,24	1940,25
9,00			0,16	3420,89		0,69	1079,84	4500,73	-1947,71	5058,53	3888,00
10,00			0,12	2610,17		0,48	745,89	3356,06	-803,04	4255,49	4691,04
11,00	8946,53	21447,60	0,13	2700,25	1565,67	0,50	782,99	3483,24	-930,22	3325,27	5621,26
12,00			0,13	2790,33		0,52	820,10	3610,43	-1057,41	2267,86	6678,67
13,00			0,13	2880,41		0,55	857,20	3737,62	-1184,60	1083,26	7863,27
14,00			0,14	2970,49		0,57	894,31	3864,80	-1311,78	-228,52	9175,05
15,00			0,14	3060,57		0,59	931,42	3991,99	-1438,97	-1667,49	10614,02
16,00			0,15	3150,65		0,62	968,52	4119,18	-1566,16	-3233,64	12180,17
17,00			0,15	3240,73		0,64	1005,63	4246,36	-1693,34	-4926,99	13873,52
18,00			0,16	3330,81		0,67	1042,74	4373,55	-1820,53	-6747,51	15694,04
19,00			0,16	3420,89		0,69	1079,84	4500,73	-1947,71	-8695,23	17641,76
20,00			0,16	3510,97		0,71	1116,95	4627,92	-2074,90	-10770,13	19716,66
21,00			0,17	3601,05		0,74	1154,06	4755,11	-2202,09	-12972,21	21918,74

Realizar un aislamiento de la envolvente existente y substituir los acristalamientos existentes, sería una solución no rentable, ya que su año de amortización supera los 21.

5.5.4 AISLAMIENTO Y BOMBA DE CALOR

Tabla 31 Años de amortización de la implantación de Aislamiento y bomba de calor

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/kWh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (€/kWh)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	0,00		0,26	2079,96	2079,96	473,06		
2,00			0,09	0,00		0,29	2267,33	2267,33	285,69	758,75	16670,86
3,00			0,09	0,00		0,31	2454,69	2454,69	98,33	16572,53	857,08
4,00			0,10	0,00		0,33	2642,05	2642,05	-89,03	16483,50	946,11
5,00			0,10	0,00		0,36	2829,41	2829,41	-276,39	16207,10	1222,51
6,00			0,10	0,00		0,38	3016,78	3016,78	-463,76	15743,35	1686,26
7,00			0,11	0,00		0,41	3204,14	3204,14	-651,12	15092,23	2337,38
8,00			0,11	0,00		0,43	3391,50	3391,50	-838,48	14253,75	3175,86
9,00			0,16	0,00		0,69	5452,49	5452,49	-2899,47	11354,27	6075,34
10,00			0,12	0,00		0,48	3766,23	3766,23	-1213,21	10141,07	7288,54
11,00	17429,61	0,00	0,13	0,00	7905,60	0,50	3953,59	3953,59	-1400,57	8740,50	8689,11
12,00			0,13	0,00		0,52	4140,95	4140,95	-1587,93	7152,56	10277,05
13,00			0,13	0,00		0,55	4328,32	4328,32	-1775,30	5377,27	12052,34
14,00			0,14	0,00		0,57	4515,68	4515,68	-1962,66	3414,61	14015,00
15,00			0,14	0,00		0,59	4703,04	4703,04	-2150,02	1264,59	16165,02
16,00			0,15	0,00		0,62	4890,40	4890,40	-2337,38	-1072,79	18502,40
17,00			0,15	0,00		0,64	5077,77	5077,77	-2524,75	-3597,54	21027,15
18,00			0,16	0,00		0,67	5265,13	5265,13	-2712,11	-6309,65	23739,26
19,00			0,16	0,00		0,69	5452,49	5452,49	-2899,47	-9209,12	26638,73
20,00			0,16	0,00		0,71	5639,86	5639,86	-3086,83	-12295,95	29725,56
21,00			0,17	0,00		0,74	5827,22	5827,22	-3274,20	-15570,15	32999,76

Instalar una bomba de calor de aire y una nueva envolvente, tampoco es un cambio rentable.

5.5.5 AISLAMIENTO, VENTANAS Y BOMBA DE CALOR

Tabla 32 Años de amortización de la implantación de aislamiento, ventans y bomba de calor

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/kWh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (€/kWh)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	0,00		0,26	1900,21	1900,21	652,81		
2,00			0,09	0,00		0,29	2071,38	2071,38	481,64	1134,44	18437,63
3,00			0,09	0,00		0,31	2242,56	2242,56	310,47	1444,91	18127,16
4,00			0,10	0,00		0,33	2413,73	2413,73	139,29	1584,20	17987,87
5,00			0,10	0,00		0,36	2584,90	2584,90	-31,88	1552,33	18019,74
6,00			0,10	0,00		0,38	2756,07	2756,07	-203,05	1349,28	18222,79
7,00			0,11	0,00		0,41	2927,24	2927,24	-374,22	975,06	18597,01
8,00			0,11	0,00		0,43	3098,41	3098,41	-545,39	429,67	19142,40
9,00			0,16	0,00		0,69	4981,29	4981,29	-2428,27	-1998,59	21570,66
10,00			0,12	0,00		0,48	3440,75	3440,75	-887,73	-2886,32	22458,39
11,00	19572,07	0,00	0,13	0,00	7222,40	0,50	3611,92	3611,92	-1058,90	-3945,23	23517,30
12,00			0,13	0,00		0,52	3783,09	3783,09	-1230,07	-5175,30	24747,37
13,00			0,13	0,00		0,55	3954,26	3954,26	-1401,24	-6576,54	26148,61
14,00			0,14	0,00		0,57	4125,43	4125,43	-1572,41	-8148,96	27721,03
15,00			0,14	0,00		0,59	4296,61	4296,61	-1743,58	-9892,54	29464,61
16,00			0,15	0,00		0,62	4467,78	4467,78	-1914,76	-11807,30	31379,37
17,00			0,15	0,00		0,64	4638,95	4638,95	-2085,93	-13893,22	33465,29
18,00			0,16	0,00		0,67	4810,12	4810,12	-2257,10	-16150,32	35722,39
19,00			0,16	0,00		0,69	4981,29	4981,29	-2428,27	-18578,59	38150,66
20,00			0,16	0,00		0,71	5152,46	5152,46	-2599,44	-21178,03	40750,10
21,00			0,17	0,00		0,74	5323,63	5323,63	-2770,61	-23948,64	43520,71

Si al cambio anterior, le introducimos la sustitución de los acristalamientos, sigue sin ser un cambio económicamente eficaz.

5.5.6 AISLAMIENTO, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS

Tabla 33 Años de amortización de la implantación de aislamiento, bomba de calor y paneles fotovoltaicos.

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/kWh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (€/kWh)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	0,00		0,26	430,12	430,12	2122,90		
2,00			0,09	0,00		0,29	468,86	468,86	2084,16	4207,07	21019,60
3,00			0,09	0,00		0,31	507,61	507,61	2045,42	6252,48	18974,19
4,00			0,10	0,00		0,33	546,35	546,35	2006,67	8259,15	16967,52
5,00			0,10	0,00		0,36	585,09	585,09	1967,93	10227,08	14999,59
6,00			0,10	0,00		0,38	623,84	623,84	1929,18	12156,26	13070,41
7,00			0,11	0,00		0,41	662,58	662,58	1890,44	14046,69	11179,98
8,00			0,11	0,00		0,43	701,33	701,33	1851,69	15898,39	9328,28
9,00			0,16	0,00		0,69	1127,52	1127,52	1425,50	17323,89	7902,78
10,00			0,12	0,00		0,48	778,82	778,82	1774,20	19098,09	6128,58
11,00	25226,67	0,00	0,13	0,00	1634,80	0,50	817,56	817,56	1735,46	20833,54	4393,13
12,00			0,13	0,00		0,52	856,31	856,31	1696,71	22530,26	2696,41
13,00			0,13	0,00		0,55	895,05	895,05	1657,97	24188,23	1038,44
14,00			0,14	0,00		0,57	933,80	933,80	1619,22	25807,45	-580,78
15,00			0,14	0,00		0,59	972,54	972,54	1580,48	27387,93	-2161,26
16,00			0,15	0,00		0,62	1011,29	1011,29	1541,73	28929,66	-3702,99
17,00			0,15	0,00		0,64	1050,03	1050,03	1502,99	30432,65	-5205,98
18,00			0,16	0,00		0,67	1088,78	1088,78	1464,24	31896,89	-6670,22
19,00			0,16	0,00		0,69	1127,52	1127,52	1425,50	33322,39	-8095,72
20,00			0,16	0,00		0,71	1166,27	1166,27	1386,75	34709,15	-9482,48
21,00			0,17	0,00		0,74	1205,01	1205,01	1348,01	36057,16	-10830,49

Cuando a la instalación de la bomba de calor y el nuevo aislamiento, se incorporan paneles fotovoltaicos, podemos amortizar el dinero invertido en 14 años.

5.5.7 ENVOLVENTE, VENTANAS, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS

Tabla 34 Años de amortización de la implantación de envoltante, ventanas, bomba de calor y paneles fotovoltaicos

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/kWh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (€/kWh)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	0,00		0,26	12,84	12,84	2540,18		
2,00			0,09	0,00		0,29	14,00	14,00	2539,02	5079,21	22289,92
3,00			0,09	0,00		0,31	15,15	15,15	2537,87	7617,07	19752,06
4,00			0,10	0,00		0,33	16,31	16,31	2536,71	10153,79	17215,34
5,00			0,10	0,00		0,36	17,47	17,47	2535,56	12689,34	14679,79
6,00			0,10	0,00		0,38	18,62	18,62	2534,40	15223,74	12145,39
7,00			0,11	0,00		0,41	19,78	19,78	2533,24	17756,98	9612,15
8,00			0,11	0,00		0,43	20,94	20,94	2532,09	20289,07	7080,06
9,00			0,16	0,00		0,69	33,66	33,66	2519,36	22808,43	4560,70
10,00			0,12	0,00		0,48	23,25	23,25	2529,77	25338,20	2030,93
11,00	27369,13	0,00	0,13	0,00	48,80	0,50	24,40	24,40	2528,62	27866,82	-497,69
12,00			0,13	0,00		0,52	25,56	25,56	2527,46	30394,28	-3025,15
13,00			0,13	0,00		0,55	26,72	26,72	2526,30	32920,58	-5551,45
14,00			0,14	0,00		0,57	27,87	27,87	2525,15	35445,73	-8076,60
15,00			0,14	0,00		0,59	29,03	29,03	2523,99	37969,72	-10600,59
16,00			0,15	0,00		0,62	30,19	30,19	2522,83	40492,55	-13123,42
17,00			0,15	0,00		0,64	31,34	31,34	2521,68	43014,23	-15645,10
18,00			0,16	0,00		0,67	32,50	32,50	2520,52	45534,75	-18165,62
19,00			0,16	0,00		0,69	33,66	33,66	2519,36	48054,11	-20684,98
20,00			0,16	0,00		0,71	34,81	34,81	2518,21	50572,32	-23203,19
21,00			0,17	0,00		0,74	35,97	35,97	2517,05	53089,37	-25720,24

Si además introducimos también el nuevo acristalamiento, la amortización disminuye 3 años, esto quiere decir que en 2023 se recuperará la inversión.

5.5.8 ENVOLVENTE, VENTANAS, VENTILACIÓN, BOMBA DE CALOR Y PANELES FOTOVOLTAICOS

Tabla 35 Años de amortización de la implantación aislamiento, ventanas, bomba de calor, ventilación y paneles fotovoltaicos.

AÑOS	INVERSIÓN	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (€/kWh)	COSTE GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (kWh/€)	COSTE ELECTRICIDAD (€)	COSTE TOTAL ENERGÍA (€)	AHORRO (€)	AMORTIZACIÓN (€)	AÑO DE AMORTIZACIÓN
0,00		34355,20	0,07	2507,93	195,20	0,23	45,09	2553,02			
1,00			0,08	0,00		0,26	57,78	57,78	2495,24		
2,00			0,09	0,00		0,29	62,98	62,98	2490,04	4985,28	57692,76
3,00			0,09	0,00		0,31	68,19	68,19	2484,84	7470,12	55207,92
4,00			0,10	0,00		0,33	73,39	73,39	2479,63	9949,75	52728,29
5,00			0,10	0,00		0,36	78,59	78,59	2474,43	12424,18	50253,87
6,00			0,10	0,00		0,38	83,80	83,80	2469,22	14893,40	47784,64
7,00			0,11	0,00		0,41	89,00	89,00	2464,02	17357,41	45320,63
8,00			0,11	0,00		0,43	94,21	94,21	2458,81	19816,23	42861,81
9,00			0,16	0,00		0,69	151,46	151,46	2401,56	22217,79	40460,25
10,00			0,12	0,00		0,48	104,62	104,62	2448,40	24666,19	38011,85
11,00	62678,04	0,00	0,13	0,00	219,60	0,50	109,82	109,82	2443,20	27109,39	35568,65
12,00			0,13	0,00		0,52	115,03	115,03	2437,99	29547,38	33130,66
13,00			0,13	0,00		0,55	120,23	120,23	2432,79	31980,17	30697,87
14,00			0,14	0,00		0,57	125,44	125,44	2427,59	34407,76	28270,28
15,00			0,14	0,00		0,59	130,64	130,64	2422,38	36830,14	25847,90
16,00			0,15	0,00		0,62	135,84	135,84	2417,18	39247,32	23430,72
17,00			0,15	0,00		0,64	141,05	141,05	2411,97	41659,29	21018,75
18,00			0,16	0,00		0,67	146,25	146,25	2406,77	44066,06	18611,98
19,00			0,16	0,00		0,69	151,46	151,46	2401,56	46467,62	16210,42
20,00			0,16	0,00		0,71	156,66	156,66	2396,36	48863,98	13814,06
21,00			0,17	0,00		0,74	161,87	161,87	2391,15	51255,13	11422,91

Cuando a la solución más rentable, en la que en la que recuperamos el dinero de la inversión en 11 años, le añadimos un sistema de ventilación, deja de ser una solución factible.

5.6 SOLUCIÓN ADOPTADA

Según las tablas anteriores, se concluye que únicamente dos soluciones pueden ser factibles. La primera es el aislamiento de la envolvente, y la instalación de una bomba de calor y paneles solares fotovoltaicos; la segunda es igual que la primera incorporando nuevos acristalamientos y haciendo el año de amortización sea el 2023. Por lo tanto, la solución final adoptada será la segunda, con un presupuesto total de 27369,13€.

5.7 SOLUCIÓN ADOPTADA EN DINAMARCA

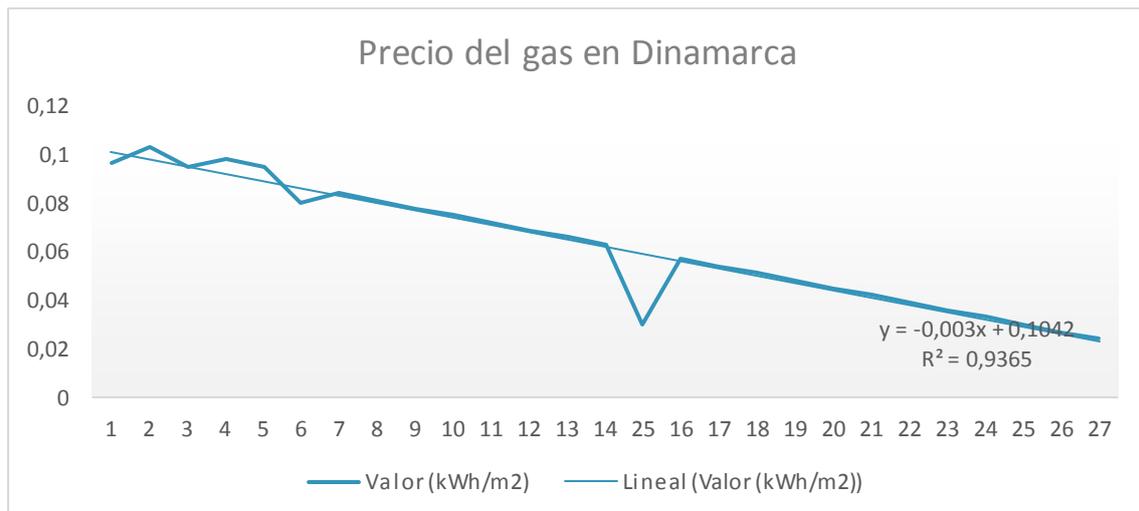
Usando el mismo procedimiento que anteriormente, se evaluarán cuál de los 14 cambios son rentables:

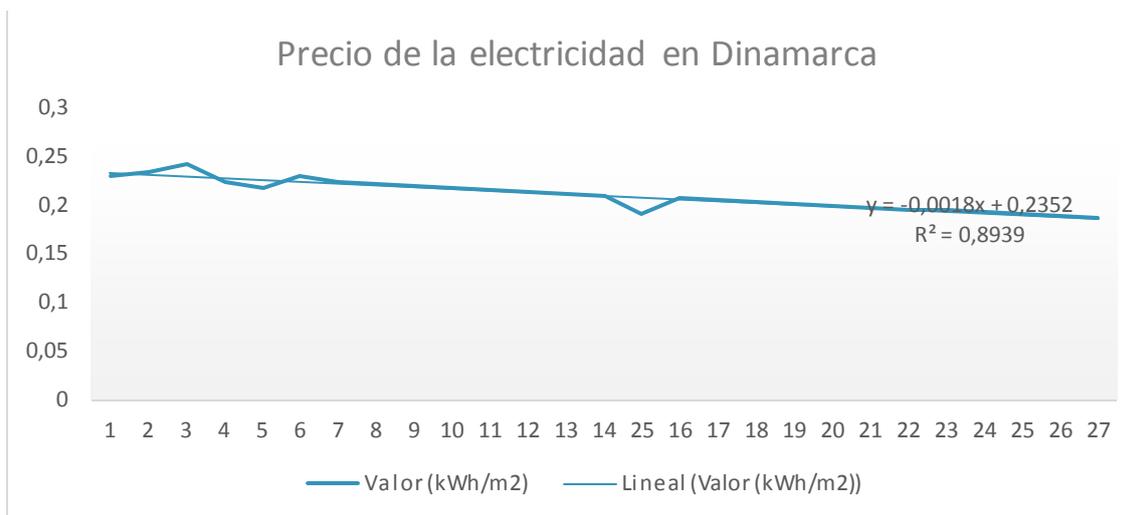
Tabla 36 Rentabilidad en Dinamarca

Nº ORDEN	DESCRIPCIÓN	VIDA ÚTIL	INVERSIÓN (€)	CONSUMO CALORÍFICO (kWh)	PRECIO GAS (kWh /€)	COSTES EN GAS (€)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (kWh/€)	COSTES EN ELECTRICIDAD (€)	COSTES TOTALES(€)	AHORROS (€)	RENTABILIDAD
0	Estado Actual			61805,20		4944,42	327,20		95,16	2038,58		
3	Aislamiento Ventanas	40	8946,53	38918,00	0,08	3113,44	219,60	0,30	65,88	3479,32	1860,26	8,32
4	Ventilación	20	35308,81	63415,60	0,08	5073,25	878,40	0,30	263,92	5336,77	-297,18	-0,17
5	Aislamiento Ventanas Ventilación	40	42112,88	49971,20	0,08	3997,70	809,20	0,30	241,56	4239,26	800,32	0,76
7	Envolvente Ventanas Ventilación	40	44255,44	40430,80	0,08	3234,46	756,40	0,30	228,92	3461,38	1378,19	1,43
8	Bomba de calor	30	10625,54	0,00	0,08	0,00	18202,40	0,30	5460,72	5460,72	-421,14	-1,19
10	Envolvente Ventanas Bomba de calor	40	19572,07	0,00	0,08	0,00	12224,40	0,30	3667,32	3667,32	1372,26	2,80
11	Envolvente Ventanas Ventilación Bomba de calor	40	34880,88	0,00	0,08	0,00	13300,40	0,30	3960,12	3960,12	1079,46	0,79
12	Envolvente Bomba de calor Paneles fotovoltaicos	40	25226,67	0,00	0,08	0,00	11297,20	0,30	3389,16	3389,16	1630,42	2,62
13	Envolvente Ventanas Bomba de calor Paneles fotovoltaicos	40	27369,13	0,00	0,08	0,00	8125,20	0,30	2437,56	2437,56	2602,02	3,80
14	Ventanas Ventilación de calor Bomba Paneles fotovoltaicos	40	62678,04	0,00	0,08	0,00	8442,40	0,30	2532,72	2532,72	2306,86	1,60

Observamos, que a diferencia de España, la instalación de la ventilación combinada con la nueva envolvente y ventanas, si será rentable.

Los precios del gas y electricidad se calculan igualmente por una ecuación de regresión:





Claramente, se ve en el gráfico que las pendientes comparadas con España son diferentes, en Dinamarca, los precios tienden a bajar, mientras que en España los precios subirán.

Con las mismas tablas anteriores, pero cambiando el precio de la electricidad y el gas, se obtiene que la solución más rentable será la misma que para España aunque en este caso los años necesarios para la recuperación de la inversión será de 9 en vez de 10. A continuación se muestra una tabla resumen, para distinguir las diferencias entre cada país:

Tabla 37 Resumen de los años de amortización

SOLUCIÓN	ESPAÑA	DINAMARCA	INVERSION
01. Aislamiento	3 años	-	4498.56 €
02. Ventanas	X	-	2823.09 €
03. Aislamiento y ventanas	X	5 años	8946.53 €
07. Aislamiento, ventanas y ventilación.	-	18 años	44255.44 €
09. Aislamiento y bomba de calor.	X	-	17429.61 €
10. Aislamiento, ventanas y bomba de calor.	X	9 años	19572.07 €
12. Aislamiento, bomba de calor y paneles fotovoltaicos.	14 años	10 años	25226.07 €
13. Aislamiento, ventanas, bomba de calor y Paneles fotovoltaicos.	11 años	9 años	27369.13 €
14. Aislamiento, ventanas, ventilación, bomba de calor y paneles fotovoltaicos.	x	20 años	62678.04 €

5.7.1 RESULTADO FINAL

Debido a que estos cambios se han analizado con el programa BE 10, al igual que se ha hecho para el estado actual, comprobaremos las nuevas clasificaciones en cada uno de los programas y localización.

Tabla 38 Certificaciones finales

	HULC C1 (CULLEREDO)	HULC D3 (MADRID)	BE 10 (MADRID)	BE 10 (DINAMARCA)
CONSUMO ENERGÉTICO (kWh/m ² año)	13.93	29.72	19.8	29.40
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	A	A	A2020	B

Finalmente, con los cambios realizados se consigue una certificación de clase A, el informe correspondiente se puede ver en el anexo 11. En el caso de la simulación en Dinamarca, la letra que se consigue sería la B, por lo que la intervención no conseguiría su fin.

Como solución final de este proyecto, la instalación de una bomba de calor que contará con la instalación de paneles fotovoltaicos para reducir su gasto de electricidad, además de la implantación de una envolvente con una reducida transmitancia térmica, se consigue un ambiente interior de mejor calidad así como una reducción de las facturas y de la emisión de CO₂.

En las rehabilitaciones energéticas de edificios, en España e incluso en las nuevas construcciones, no es habitual el uso de ventanas de acristalamiento triple. Este proyecto muestra como las ventanas mejoran el ambiente interior dependiendo de su factor solar, por eso en las ventanas de triple acristalamiento se evita el sobrecalentamiento de la habitación en los meses más calurosos. Esta situación de sobrecalentamiento, está penada en Dinamarca, mediante un factor energético, que aumenta proporcionalmente el consumo de energía necesario, haciendo que disminuya la calificación energética.

Cuando se habla de la ventilación por recuperación de calor, donde en Dinamarca es una de las soluciones más comunes en edificios no residenciales, y en edificios residenciales donde se pretende conseguir el mayor confort interior. Para que este cambio resulte rentable y eficaz, debe combinarse con una buena envolvente, con transmitancias térmicas muy bajas. Debido a los requerimientos mínimos sobre transmitancias en España, este sistema no es rentable para su instalación en viviendas unifamiliares, ya que se necesitaría alcanzar al menos, los estándares daneses o de passive house para aprovechar los beneficios de este sistema. Por eso mismo, en este proyecto se ha desechado esa opción.

La instalación de la bomba de calor, en cambio sí resulta bastante eficaz para proporcionar la energía calorífica que necesita una vivienda. Este sistema también será más eficaz cuanto menor transmitancias tenga la envolvente, ya que supondría menos pérdidas caloríficas y por lo tanto una bomba de calor que necesite menos potencia calorífica y por lo tanto su compresor consuma menos energía eléctrica.

Como el consumo de gas, tras esta instalación es nulo, el gasto anual será de electricidad. Por ello, se han instalado paneles fotovoltaicos que suministren la electricidad, dichos paneles irán conectados a la red, esto quiere decir, que la energía eléctrica generada y no consumida será devuelta a la red.

Para comprobar la rentabilidad de estos cambios, se ha tenido en cuenta el constante cambio del precio de la electricidad y el gas en cada país. Por ese motivo, hay diferencias entre las amortizaciones de cada cambio entre Dinamarca y España.

6 CONCLUSIONES

Dinamarca es uno de los países prioritarios en materia de eficiencia energética, llegando a inspirar al modelo de certificación propuesto por la Directiva 206/32/CEE.

El objetivo de Dinamarca es el de facilitar un certificado de eficiencia energética del edificio para su posible venta o renta. Esto es lo que se ha puesto en marcha desde que apareció. Mientras que en Dinamarca desde 2010 ya era una obligación legislativa, en España hubo que esperar a junio de 2013 a la entrada en vigor el RD 235/2013 sobre Certificación energética de edificios existentes. Como comparación final, se distinguen las siguientes grandes diferencias:

Tabla 39 Comparación final entre Dinamarca y España

ESPAÑA	DINAMARCA
Menos restrictivo para los valores de las transmitancias térmicas	Más restrictivos en cuanto a los valores de las transmitancias térmicas
Ventanas de triple acristalamiento, aún se están introduciendo en el mercado.	Ventanas de triple acristalamiento como recomendación por la normativa.
Un consumo de energía primaria total, ya puede conseguir una certificación A en la actual normativa	Un consumo de energía primaria que no cumpla con los requisitos futuros del 2020, vendrá reflejado en el informe final de certificación.
No existen documentos de apoyo sobre instalaciones de autoconsumo por energía renovable, así como la prohibición legal de almacenamiento de energía.	Se promueve el uso de energías renovables y el autoconsumo, normalizando límites de almacenamiento de energía, así como documentos de apoyo para el cálculo de instalaciones con fuentes de energía limpias.

La herramienta utilizada para conseguir un informe de certificación energética, en ambos países, consiste en un programa informático, BE 10 (Dinamarca) y HULC (España) en donde introduciendo los datos del estado actual, facilitan el consumo de energía y la calificación energética correspondiente. La comparación de dichos programas ha sido mencionada anteriormente, concluyendo que en el caso del BE 10, la solución es más específica por tener en cuenta más datos. En este estudio se ha incorporado el uso de la herramienta BIM (Building Information Modeling) con el programa Revit 2016. Esto me ha permitido tener una información geométrica más exacta y poder coordinar los dos programas distintos de certificación. El poseer este proyecto en el programa Revit podría haber facilitado la formación de planos de ventilación, si existiese, debido a que no solo modela, si no también detecta errores que pueden estar causados por un mal cálculo.

Para resumir, con el conocimiento de toda esta información, sería una tarea sencilla el explicar a los consumidores las ventajas e inconvenientes de cada una de las soluciones que podrían instalar en sus viviendas, mejorando su calidad de vida, redundando en un ahorro en la factura y ayudando al medio ambiente.

Como conclusión personal, puedo decir que a diferencia de Dinamarca, en España se necesita una renovación legislativa, ya que con el marco normativo adecuado para rehabilitar y actualizar las viviendas existentes sería una tarea factible y económicamente viable. Esto debe constituir el eje sobre el que se reformule el sector de la edificación en España, hoy ambientalmente insolvente para hacer frente a los retos del cambio global y terriblemente castigado por la crisis. Considero que las viviendas construidas deben ser transformadas en viviendas de bajo consumo y de baja emisión de gases de efecto invernadero y que hacerlo aportará beneficios no solo a los propietarios y ocupantes e incluso generará puestos de trabajo. Estas inversiones necesarias para las rehabilitaciones serían aportadas bien por los propietarios, entidades financieras o empresas de servicios energéticos, que recibirían el retorno de la inversión en forma de ahorro de energía y emisiones y mejora de la calidad de la vivienda.

7 Bibliografía

- CYPE Ingenieros, S.A. (2014). *Generador de Precios de la Construcción*. Retrieved from <http://generadorprecios.cype.es>
- David JCMackay. (2009) *Sustainable Energy-without the hot air*. UIT Cambridge, England.
- DS 17521 – *Indoor environmental inpt parameters for design* (2001). Dansk Standards.
- DS 418 - *Calculation of heat loss from buildings*. (2011). Dansk Standar.
- DS/CEN/CR 1752:2001 - *Ventilation i bygninger - Projekteringskriterier for indeklimaet*. (2001). Dansk Standards.
- DS/EN/OSP 13788 – *Hygrothermal performance of buildings components and building components*.
- DS447 - *Ventilation in buildings – Mechanical, natural and hybrid ventilation systems*. (2014). Dansk Standard.
- Eurostat (2016) Guía de estadísticas europeas. Recuperado de: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy>
- Finstral (2016) Puertas, ventanas y persianas. Recuperado de: <http://www.finstral.com/es/ventanas-y-puertas/vidrios-aislantes-pvc/44-102.html>
- Inarquia, (2016) Actual evolución de la eficiencia energética de los edificios en Europa vs España. Recuperado de: <http://inarquia.es/>
- LINDAB (2014) *catalogue of circular ducts*. Retrieved from: <http://itsolution.lindab.com/lindabwebproductsdoc/pdf/documentation/ads/lindab/technical/02-circular-duct-systems.pdf>
- Ministeriet for By. Bolig og Landdistrikter. *Scale of certification energy for Denmark*. <http://boligejer.dk/energimaerkeberegningen>
- OMI-Polo Español S.A. (2015) *OMIE*. Retrieved from: <http://www.omie.es/inicio/informacion-de-la-compania>
- PANASONIC (2013) *PANASONIC HEATING & COOLING SOLUTION*. Retrieved from: http://www.aircon.panasonic.eu/GB_en/ranges/aquarea/
- Panasonic Aquarea Price (2014) *Rexel Energy solutions*. <http://www.rexelenergysolutions.co.uk>
- Passive House Institute. (2012). *Passive House Institute*. Retrieved from <http://passiv.de/en>
- Pérez Cobos, Sergi (2013). *Certificación energética en edificios existentes*. Marcombo, Barcelona
- PVGIS (2015) *Photovoltaic Geographical system*. Retrieved from: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

RD 900/2015: *Suministro de energía eléctrica con autoconsumo y producción de autoconsumo* (2015). Ministerio de Industria, energía y turismo.

Reglamento de las instalaciones térmicas (2013) *RITE*. Ministerio de Industria y energía

ROCKWOOL International A/S. (2012). *Rockwool*. Retrieved from <http://www.rockwool.com>

S. Aggerholm & K. Gran (2011) *Energy requirements for buildings*. Sbi 213 Direction 2nd edition.

Saint-Gobain ISOVER A/S. (2014). *ISOVER*. Retrieved from <http://www.isover.es>

Soliclíma (2014) *Comparative study between heat pump and boiler*. Retrieved from:
<http://news.soliclíma.com/noticias/ahorro-energetico/estudio-comparativo-de-soliclíma-una-bomba-de-calor-nos-ahorra-1-362-euros-anuales.com>

URSA insulation (2012). *URSA*. Retrieved from: <http://www.ursa.es/es-es/>

U-WERT. (n.d.). Retrieved from <http://www.u-wert.net/?lv=1>

Varios Autores (2006) *Código Técnico de la edificación*. Ministerio de fomento

Varios autores. (2010) *Eficiencia energética en instalaciones y equipamientos de edificios*.
Prensas universitarias de Zaragoza, España.

Varios autores. (2010). *BR10 - Danish Building Regulations*. The Danish Ministry of Economic and Business Affairs; Danish Enterprise and Construction Authority

Varios autores. (2011) *Integración de energías renovables en edificios*. Prensas universitarias de Zaragoza, España.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1. INTERPRETACIÓN PROGRAMA BE 10

En las siguientes páginas se explicará el procedimiento de obtención de la certificación por el programa danés BE 10. Explicando pestaña a pestaña los datos introducidos:

8.1.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

En la primera pestaña, se introducen las siguientes características:

- Heated floor área (m²) calculada según lo especificado en el anexo 1 B.1.1.3(1) de lamley BR10.
- Rotation: en el programa, la vivienda adquiere su orientación local, y aquí se indica la global.
- Heat capacity: Según la tabla especificada en la guía del programa SBI 213 table 8.

Table 8. The building's heat capacity.

Description	Internal constructions	Heat capacity Wh/Km ²
Extra light	Light walls, floors and ceilings, e.g. framework with plates or boards, without heavy parts	40
Medium light	Some heavier parts, e.g. concrete slab with wooden floor or aerated concrete walls	80
Medium heavy	More heavy parts, e.g. concrete slab with floor tiles or brick- or clinker concrete walls	120
Extra heavy	Heavy walls, floors and ceilings in concrete, bricks or tiles	180

- Normal usage time, especificado para viviendas unifamiliares en la guía SBI 213.

Building

Name: Existing single family house

Type: Nondetached Detached house (detached single-family house)
 Semi-detached and nondetached houses
 Multi-storey house, Store etc or Other (non-residential)

1 Number of residential units 99 Rotation, deg.

244 Heated floor area, m² 244 Gross area, m²

0 Heated basement, m² 0 Other, m²

160 Heat capacity, Wh/K m² Start at End at (time)

168 Normal usage time, hours/week 0 24

Heat supply

Boiler Basis: Boiler, District heating, Block heating or Electricity

Heat distribution plant (if electric heating)

Contribution from (in order of priority)

1. Electric panels 2. Wood stoves, gas radiators etc.

3. Solar heat 4. Heat pump 5. Solar cells 6. Wind mills

Total heat loss

Transmission loss 12,3 kW 50,4 W/m²

Ventilation loss without HRV 2,8 kW 11,6 W/m² (in winter)

Total 15,1 kW 62,0 W/m²

Ventilation loss with HRV 2,8 kW 11,6 W/m² (in winter)

Total 15,1 kW 62,0 W/m²

Calculation rules

BR: Reference See calculation guide

Climate: Spain, Madrid

Supplement to energy frame for special conditions, kWh/m² year

0

(Only possible for other than residential buildings and calculation rules: BR: Actual conditions)

Mechanical cooling

0 Share of floor area, -

Description

Comments

Transmission loss

For building envelope excl. windows and doors

12,7 W/m²

8.1.2 MUROS EXTERIORES, FORJADOS Y CUBIERTAS

En esta parte se indica los elementos que forman parte de la envoltente, a excepción de las ventanas. Se introducen los siguientes datos:

- Transmitancia térmica
- Area calculada siguiendo lo descrito en el DS 418
- La letra B, que indica donde se situa el cerramiento y que está separando, por ejemplo b=1 para los cerramientos que separen el interior del exterior.

	External walls, roofs and floors	Area (m ²)	U (W/m ² K)	b	Ht (W/K)	Dim.Inside (C)	Dim.Outside (C)	Loss (W)
		576.91		CtrlClick	363.073			6714,6
+1	Cerramiento de fachada principal y posterior	167.27	0,483	1,00	80,7914			2585,33
2	Cerramiento de fachada lateral	21.17	0,446	1,00	9,44182			302,138
3	Muro medianero	199.59	0,84	0,70	117,359		20	0
4	Cubierta	118.18	0,815	1,00	96,3167			3082,13
5	Forjado encima de sótano	65.21	0,9	0,92	54,2228		10	586,89
6	Forjado	5,49	0,9	1,00	4,941			158,112
7		0	0	0,00	0			0

8.1.3 CIMENTACIONES

Se indican la longitud de los tres tipos de puentes térmicos así como el valor Loss que se obtiene según la DS 418 3.7:

Table 6.13.7a – The linear loss Ψ_{R} in W/mK for basement outer wall foundations. Basement wall in concrete¹⁾

Placing of concrete floor	Soil covering d (m)	Thickness of inside wall insulation ²⁾³⁾	
		0 mm	75 mm
Raised 40 cm	1,0	0,35	0,26
	2,0	0,34	0,24
Raised 30 cm	1,0	0,36	0,27
	2,0	0,36	0,25
Raised 20 cm	1,0	0,38	0,29
	2,0	0,37	0,26
Raised 10 cm	1,0	0,41	0,31
	2,0	0,40	0,27
In level with concrete foundation	1,0	0,43	0,32
	2,0	0,42	0,28

¹⁾ Concrete with thermal conductivity of 2,0 W/mK.
²⁾ Insulation with thermal conductivity of at most 0,04 W/mK.
³⁾ In consideration of moisture at most half of the wall's total insulation should be placed inside.

Table 6.12.1a – The frame placed in front of the cold bridge interruption in a wall with at least 20 mm overlapping respectively the front wall and the rear wall (see figure 6.12.1, sketch 1 below).

Cold bridge interruption	Outer leaf: concrete ¹⁾	Brick concrete ¹⁾	Brick ²⁾	Brick	Light weight concrete ³⁾
	Inner leaf: concrete ¹⁾	concrete ¹⁾	Brick ²⁾	Light weight concrete ³⁾	Light weight concrete ³⁾
None	0,25	0,13	0,11	0,09	0,06
10 mm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
20 mm	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
30 mm	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
40 mm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
50 mm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

¹⁾ Reinforced concrete with 2 volume-% steel.
²⁾ Is also valid for light weight concrete with thermal conductivity 0,7 W/mK.
³⁾ Light weight concrete with thermal conductivity 0,3 W/mK.

Table 6.12.4 – Linear loss Ψ_{s} in W/m K for joints around skylight and roof windows

Height of joint mm	Thickness of insulation in joint			
	None	25 mm	50 mm	75 mm
0	0,05	0,03	0,02	(0,01)
50	0,15	0,08	0,05	0,04
100	0,25	0,13	0,08	0,06
200	0,45	0,23	0,14	0,11
300	0,65	0,33	0,20	0,16

	Foundations and joints at windows	l (m)	Loss (W/mK)	b	Ht (W/K)	Dim.Inside (C)	Dim.Outside (C)	Loss (W)
		94.72		CtrlClick	20.0302			640.966
+1	Muro de sótano y cimentación	33.5	0,42	1,00	14,07			450,24
2	Ventanas y puertas	48.32	0,11	1,00	5,3152			170,086
3	Lucernarios	12,9	0,05	1,00	0,645			20,64
4								

8.1.4 WINDOWS

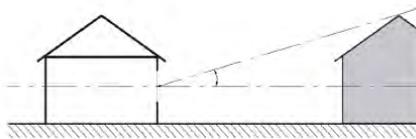
Se describen todas las ventanas y sus características, incluyendo transmitancia térmica, factor solar, y factor de sombra según estén provistas de persianas, cortinas....

Pane type	Solar transmittance
1-layer of clear glass	0,85
2-layers of clear glass	0,75
3-layers of clear glass	0,65
2-layers of energy pane	0,60 - 0,65
2-layers of energy pane	0,60 - 0,65
Solar screening glass	0,25 - 0,50

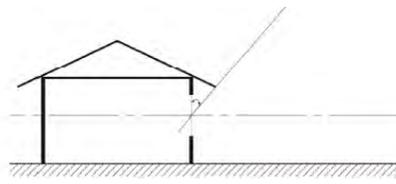
Windows and outer doors	Number	Orient	Indination	Area (m²)	U (W/m²K)	b	Ht (W/K)	FF (-)	g (-)	Shading	Fc (-)	Dim.Inside	Dim.Outside	Loss (W)	Ext
	12			39,75		CtrlClick	154,332			CtrlClick				4938,62	9/1
+1 V.1	1	S	90	0,35	3,9	1,00	1,365	0,8	0,65	v.1	0,7			43,68	0
2 V.2	2	S	90	4,62	3,9	1,00	36,036	0,8	0,65	v.2	0,7			1153,15	1
3 V.3	1	N	90	3,7	3,9	1,00	14,43	0,8	0,65	v.3	0,7			461,76	0
4 V.4	1	S	90	6,11	3,9	1,00	23,829	0,65	0,65	v.4	0,7			762,528	1
5 V.5	1	N	90	6,54	3,9	1,00	25,506	0,65	0,65	v.5	0,7			816,192	0
6 V.6	1	N	90	2,65	3,9	1,00	10,335	0,8	0,65	v.6	0,7			330,72	0
7 V.7	1	S	51	1,09	3,9	1,00	4,251	0,8	0,65	v.7	0,7			136,032	0
8 v.7b	2	N	51	1,9	3,9	1,00	14,82	0,8	0,65	v.7	0,7			474,24	0
9 Puerta	1	S	90	1,65	3,48	1,00	5,742	0,1	0		1			183,744	0
10 V.2b	1	S	90	4,62	3,9	1,00	18,018	0,8	0,65	v.2b	0,7			576,576	0
11															

8.1.5 SHADINGS

Se calculan las sombras que puedan aparecer. Siguiendo la guía SBI 213 existen 3 tipos de sombras:



Horizon (°)



Eave (°)



Shadow to the right/left(°)

Shading	Horizon (°)	Eaves (°)	Left (°)	Right (°)	Window opening (%)
+1 V.1	11	45	25	0	33
2 V.2	7	38	36	0	15
3 V.3	12	52	27	48	9
4 V.4	10	12	0	0	15
5 V.5	11	23	53	40	15
6 V.6	8	16	0	0	13
7 V.2b	12	8	0	0	15
8 V.7	0	0	0	0	15

8.1.6 UNHEATED ROOM

Pestaña destinada para las habitaciones que no estén dentro de la envolvente, como es el caso del garaje. La pérdida de ventilación se ha introducido la recomendada por la SBI 213.

Unheated room		Ventilation loss		Heat balance	
Name	Gross area (m²)	Vent (l/s m²)	Heat loss (W/K)	Hi 48,3 W/K	
Sótano	75,81	0,3	27,519	Hu 586,0 W/K	
				Temp factor 0,924	

Building component	Area (m²)	U (W/m²K)	Ht (W/K)
Transmission loss from building			48,265
+1 Forjado suelo	61,25	0,788	48,265
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Building component	Area (m²)	U (W/m²K)	Ht (W/K)
Transmission loss to surroundings			558,449
+1 Muro de sótano	105,46	3,704	390,624
2 Forjado en contacto con el terreno	61,25	2,74	167,825
3			

8.1.7 VENTILATION

Debido a que la vivienda solo dispone de ventilación natural, se han asumido los valores recomendados por la SBI 213.

Ventilation	Area (m²)	Fo, -	qm (l/s m²)	n vgv (-)	ti (°C)	EI-HC	qn (l/s m²)	qi,n (l/s m²)	SEL (kJ/m²)	qm,s (l/s m²)	qn,s (l/s m²)	qm,n (l/s m²)	qn,n (l/s m²)
Zone	244		Winter			0/1	Winter	Winter		Summer	Summer	Night	Night
+1 Vivienda completa	244	1	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0,9	0	0

8.1.8 INTERNAL HEAT SUPPLY

Considerando la vivienda como una zona, la contribución de calor por aparatos y personas es recomendada por la SBI 213.

Internal heat supply	Area (m²)	Persons (W/m²)	App. (W/m²)	App.night (W/m²)
Zone	244,0	366,0 W	854,0 W	0,0 W
+1 Vivienda completa	244	1,5	3,5	0

8.1.9 HEAT DISTRIBUTION PLAN

Se describe que sistema de distribución de calor tiene el edificio, en este caso, radiadores.

Heat distribution plant			
Composition and temperature			
Description	Dimensioning		
Heating forward	60	Supply pipe temperature, °C (at outdoor temp. of -12 °C)	
Heating return	40	Return pipe temperature, °C	
Dual	2	Type of plant: 1: unified or 2: dual	

8.1.9.1 HEATING PIPES

Se introducen las características de las tuberías: La pérdida de calor ha sido calculada de acuerdo con DS 452, TABLA 4.2.3.

Varmetab fra kobberør/pexør/plastrør og rustfri stålør i W/m K									
mm iso- lering	0	10	15	20	30	40	50	60	100
Diameter									
12	0,61	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08
15	0,74	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,08
18	0,87	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,12	0,08
22	1,03	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,08
28	1,27	0,35	0,29	0,25	0,20	0,18	0,16	0,15	0,10
35	1,54	0,42	0,34	0,29	0,23	0,20	0,18	0,16	0,10
42	1,81	0,48	0,38	0,33	0,26	0,22	0,20	0,18	0,12
51	2,25	0,59	0,46	0,39	0,31	0,26	0,23	0,21	0,12

Pipe lengths in supply and return	l (m)	Loss (W/mK)	b	Outdoor comp (J/N)	Unused summer
	28				
+1 Distribución tuberías sótano	12	0,2	0,92	N	N
2 Distribución tuberías en planta baja, planta alta y bajo cubier	16	0,2	0	N	N
3					

8.1.9.2 DOMESTIC HOT WATER

Se introduce una media del consumo anual por m² de la vivienda.

Description

Hot-water consumption (water 55 °C, cold water 10 °C)

Average for the building, litre/year per m² of floor area

Domestic hot water system

Domestic hot water temp., °C

Add an hot-water tank by right-click on Domestic hot water at the left

8.1.9.3 HOT WATER TANK

Se considera un pequeño tanque instalado en la caldera, ya que en la realidad, el depósito se comparte ente toda la urbanización.

Hot-water tank

Description

Number of tanks Part of hot-water consumption, -

Tank volume, litre (For solar heating containers, state total volume)

Supply temperature from central heating, °C

El. heating of DHW (If 'No' the boiler operates in summer)

Solar heat tank with back-up power (Correction for temp.layering)

Heat loss from hot-water tank, W/K

Temp. factor, b for setup room, - (Heated zone: b = 0, Outdoor: b = 1)

8.1.9.4 DOMESTIC HOT WATER TANK

Al igual que las tuberías de calefacción, se introducen las características de las tuberías de agua caliente sanitaria.

Pipe lengths in supply and return	l (m)	Loss (W/mK)	b
	26.7		
+1 Tuberías de sótano	12.5	0.2	0.92
-2 Tuberías en planta baja, planta alta y bajo cubierta	14.2	0.2	0
-3			

8.1.10 BOILER

Se introducen las características de la caldera, cumplimentando los datos desconocidos con lo recomendado por el SBI 213.

Description

Fuel Oil, Gas or Biomass fuel

Heat performance

No. of boilers Nominal effect, kW Share of nom. eff. to DHW production, -

Nominal efficiencies

Load, - Efficiency, - Boiler temp., °C Correction, - /°C Full load

Partial load

Idle loss

Load, - Loss factor, - Share for room, - Temp. dif, °C

Operating

Boiler temp., min, °C Temp.factor, b for setup room

Fan etc., W El for automatics, W

8.1.11 RESULTS

La siguiente pestaña muestra los números de los resultados, que servirán para calcular la certificación, como para analizar los cambios que se vayan haciendo.

Key numbers, kWh/m² year			
Energy frame in BR 2010			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
59,3	0,0	59,3	
Total energy requirement		158,0	
Energy frame low energy buildings 2015			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
34,1	0,0	34,1	
Total energy requirement		158,0	
Energy frame Buildings 2020			
Without supplement	Supplement for special conditions	Total energy frame	
20,0	0,0	20,0	
Total energy requirement		157,5	
Contribution to energy requirement		Net requirement	
Heat	140,8	Room heating	94,8
El. for operation of building	0,8	Domestic hot water	26,4
Excessive in rooms	15,3	Cooling	0,0
Selected electricity requirements		Heat loss from installations	
Lighting	0,0	Room heating	6,5
Heating of rooms	0,0	Domestic hot water	11,8
Heating of DHW	0,0	Output from special sources	
Heat pump	0,0	Solar heat	0,0
Ventilators	0,0	Heat pump	0,0
Pumps	0,0	Solar cells	0,0
Cooling	0,0	Wind mills	0,0
Total el. consumption	58,5		

Los resultados en rojo, muestran la clasificación que tendrá este edificio. Estos números son el resultado de multiplicar "Contribution to energy requirement" por factores que dependen de las leyes y que varían cada año.

La suma de estos números es el total de energía primaria que consumo. Por lo que en los cambios que analice se tendrán en cuenta estos números.

8.2 ANEXO 2. INTERPRETACIÓN PROGRAMA HULC

En las siguientes páginas se explicará el procedimiento de obtención de la certificación por el programa HULC. Explicando pestaña a pestaña los datos introducidos

8.2.1 DATOS ADMINISTRATIVOS Y GENERALES

En este apartado se introduce la dirección de la vivienda

Datos del proyecto

Nombre del proyecto: Estado actual

Uso del edificio: viviendas unifamiliares de distintos tipos

Superficie construida: 244,00 Altura total: 12,00 Plantas sobre rasante: 3 Plantas bajo rasante: 1

Comunidad autónoma: Galicia Provincia: Coruña, A Localidad: Culleredo Código postal:

Tipo vía: Calle Nombre de la vía: C/ Democracia

Tipo numeración: Num Número: 30 Bloque: - Portal: - Escalera: - Piso: - Puerta: - Datos adicionales: -

Normativa vigente (construcción/rehabilitación)

Normativa vigente edificación: NBE-CT-79

Normativa vigente instalaciones térmicas: Otro

Otras normativas: Otro

Año construcción: Período 1979 - 2006

Referencia(s) catastral(es): 8167101NH4986N0002AD

Definición del caso

Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética

Edificio NUEVO

Edificio EXISTENTE: Ampliación

Edificio EXISTENTE: Intervención importante

Edificio EXISTENTE: Cambio de uso característico

Solo Certificación de Eficiencia Energética

Edificio EXISTENTE: Solo Certificación

Tipo de edificio

Vivienda unifamiliar

Viviendas en bloque

Una Vivienda de un bloque

Edificio Terciario Pequeño o Mediano (PMT)

Un local de un Edificio PMT

Gran Edificio Terciario (GT)

Un local de un Edificio GT

Localidad, Datos Climáticos

Comunidad autónoma: Galicia

Provincia: Coruña, A

Localidad: Culleredo

Altitud: 135,00 m

Zona climática: C1

Peninsular

Extrapeninsular

Ventilación del edificio residencial

Se acepta el valor de ventilación por defecto (0,63 renovaciones por hora)

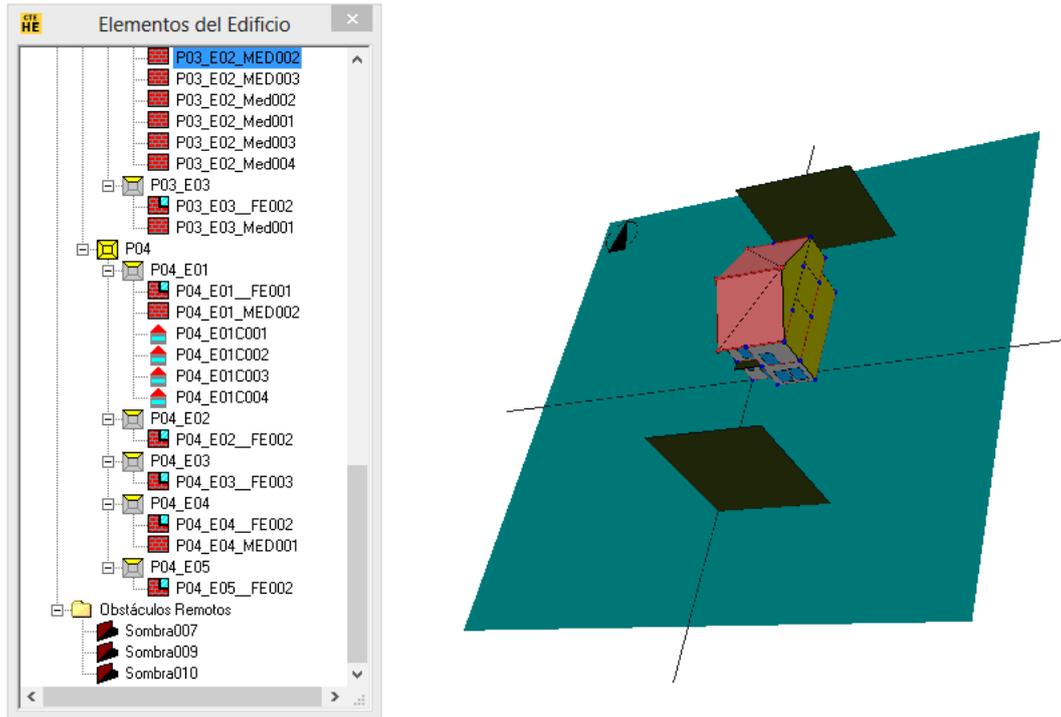
Caudal de ventilación del edificio o vivienda [litros/s]: 0,9

Valores por defecto de los espacios habitables

Tipo de Uso: Residencial

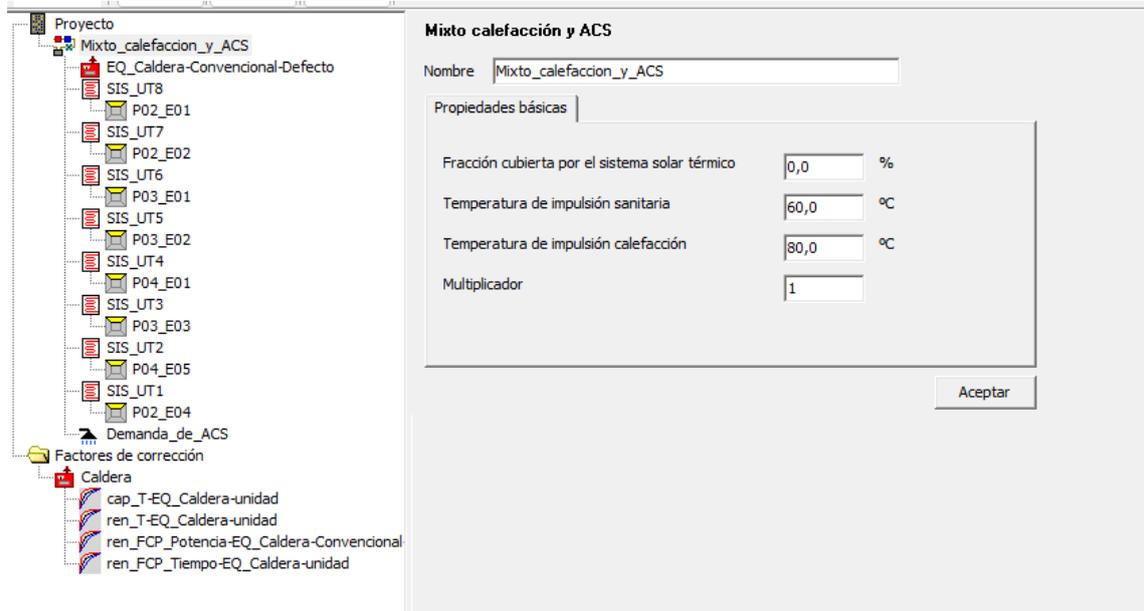
8.2.2 DESCRIPCIÓN GEOMETRICA

El siguiente paso será describir los tipos de cerramientos, usando la base de datos del programa, y hacer la representación geométrica, indicando el lugar de los cerramientos.



8.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Se indican que tipo de sistema existe en la vivienda, en este caso un sistema mixto de calefacción y ACS. Posteriormente se indican los radiadores en cada uno de los espacios definidos anteriormente.



8.2.4 RESULTADOS

Se realiza un informe con todas las características de la vivienda e indicando la letra de su certificación. En los siguientes anexos se mostrarán dichos informes.

8.3 ANEXO 3. INFORMES FINALES DE CERTIFICACIÓN ESTADO ACTUAL

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Estado actual		
Dirección	C/ Democracia 30 - - - - -		
Municipio	Culleredo	Código Postal	-
Provincia	Coruña, A	Comunidad Autónoma	Galicia
Zona climática	C1	Año construcción	1979 - 2006
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	8167101NH4986N0002AD		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Cristina Ferreiro Castro	NIF/NIE	45906648M
Razón social	Proyecto fin de grado	NIF	-
Domicilio	Orzán -139 -- 2 --		
Municipio	Coruña, A	Código Postal	15003
Provincia	Coruña, A	Comunidad Autónoma	Galicia
e-mail:	cristinaferreirocastro@gmail.com	Teléfono	628111975
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitectura Técnica		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 0.9.1433.1016, de fecha 21-dic-2015		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)	
<35.80 A		<8.10 A	
35.80-58.1 B		8.10-13.10 B	
58.10-90.00 C		13.10-20.30 C	
90.00-138.40 D	97,74 D	20.30-31.10 D	20,70 D
138.40-254.10 E		31.10-58.30 E	
254.10-305.00 F		58.30-73.40 F	
=>305.00 G		=>73.40 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 12/01/2016

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	220,08
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
FACHADA	Fachada	29,50	0,47	Usuario
FACHADA	Fachada	8,10	0,47	Usuario
FACHADA	Fachada	28,28	0,47	Usuario
FACHADA	Fachada	2,70	0,47	Usuario
FACHADADOS	Fachada	12,00	0,44	Usuario
FORJADO	Fachada	0,00	0,90	Usuario
FORJADO	Fachada	180,69	0,90	Usuario
SOTANO	Suelo	20,40	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	21,60	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	20,40	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	27,60	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	56,76	1,32	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
VENTANA	Hueco	9,47	3,78	0,55	Usuario	Usuario
VENTANA	Hueco	12,52	3,78	0,55	Usuario	Usuario
PUERTA	Hueco	1,83	2,20	0,06	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
EQ_Caldera-Convencional-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	23,30	87,00	GasNatural	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	87,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		23,30			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	308,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0,00			

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	0,00
TOTALES	0,00	0,00	0,00	0,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	0,00
TOTALES	0

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C1	Uso	Certificación Existente
-----------------------	----	------------	-------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>	D	<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>	C
	16,41		4,28	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>	G	<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	-
	0,00		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	0,00	1,09
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	20,69	4554,06

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	D	<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>	D
	77,50		20,22	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>	<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>	G	<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	-
	0,03		0,00	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><35.80 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">35.80-58.1 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">58.10-90.00 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">90.00-138.40 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">138.40-254.10 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">254.10-305.00 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>305.00 G</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><8.10 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">8.10-13.10 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">13.10-20.30 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">20.30-31.10 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">31.10-58.30 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">58.30-73.40 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>73.40 G</div> </div>

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><19.70 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">19.70-32.0 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">32.00-49.50 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">49.50-76.20 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">76.20-125.70 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">125.70-147.00 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>147.00 G</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;">A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">G</div> </div>

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)					(Celdas de demanda de ACS, Iluminación y Total no calculadas)					

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA
Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	06/11/15
--	----------

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Estado actual		
Dirección	C/ Democracia 30 - - - - -		
Municipio	Madrid	Código Postal	-
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1979 - 2006
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	8167101NH4986N0002AD		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input checked="" type="checkbox"/> Unifamiliar <input type="checkbox"/> Bloque <input type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Cristina Ferreiro Castro	NIF/NIE	45906648M
Razón social	Proyecto fin de grado	NIF	-
Domicilio	Orzán -139 -- 2 --		
Municipio	Coruña, A	Código Postal	15003
Provincia	Coruña, A	Comunidad Autónoma	Galicia
e-mail:	cristinaferreirocastro@gmail.com	Teléfono	628111975
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitectura Técnica		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 0.9.1433.1016, de fecha 21-dic-2015		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><54.20 A</p> <p>54.20-87.8 B</p> <p>87.80-136.10 C</p> <p>136.10-209.30 D</p> <p>209.30-375.60 E</p> <p>375.60-473.20 F</p> <p>=>473.20 G</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>133,93 C</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><12.20 A</p> <p>12.20-19.9 B</p> <p>19.90-30.80 C</p> <p>30.80-47.30 D</p> <p>47.30-83.70 E</p> <p>83.70-100.40 F</p> <p>=>100.40 G</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>28,07 C</p> </div> </div>

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 21/01/2016

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
- Anexo II.** Calificación energética del edificio.
- Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
- Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organismo Territorial Competente:

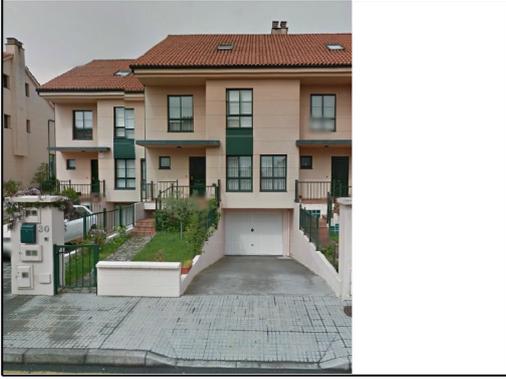
ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	220,08
---	--------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Modo de obtención
FACHADA	Fachada	29,50	0,47	Usuario
FACHADA	Fachada	8,10	0,47	Usuario
FACHADA	Fachada	28,28	0,47	Usuario
FACHADA	Fachada	2,70	0,47	Usuario
FACHADADOS	Fachada	12,00	0,44	Usuario
FORJADO	Fachada	0,00	0,90	Usuario
FORJADO	Fachada	180,69	0,90	Usuario
SOTANO	Suelo	20,40	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	21,60	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	20,40	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	27,60	1,32	Usuario
SOTANO	Suelo	56,76	1,32	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m ²)	Transmitancia (W/m ² K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
VENTANA	Hueco	9,47	3,78	0,55	Usuario	Usuario
VENTANA	Hueco	12,52	3,78	0,55	Usuario	Usuario
PUERTA	Hueco	1,83	2,20	0,06	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
EQ_Caldera-Convencional-Defecto	Caldera eléctrica o de combustible	23,30	90,00	GasNatural	Usuario
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	90,00	GasNatural	PorDefecto
TOTALES		23,30			

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sistema de sustitución	Sistema de rendimiento estacional constante	-	203,00	ElectricidadPeninsular	PorDefecto
TOTALES		0,00			

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	0,00
TOTALES	0,00	0,00	0,00	0,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	0,00
TOTALES	0

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Certificación Existente
----------------	----	-----	-------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	28,07 C		CALEFACCIÓN	
	<i>Emisiones calefacción (kgCO₂/m² año)</i>	C	ACS	
	22,63		<i>Emisiones ACS (kgCO₂/m² año)</i>	
			4,28	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales (kgCO₂/m² año)¹</i>	<i>Emisiones refrigeración (kgCO₂/m² año)</i>	A	<i>Emisiones iluminación (kgCO₂/m² año)</i>	
	1,16		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1,16	254,31
<i>Emisiones CO₂ por combustibles fósiles</i>	26,92	5923,82

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	133,93 C		CALEFACCIÓN	
	<i>Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)</i>	D	ACS	
	106,89		<i>Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)</i>	
			20,22	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹</i>	<i>Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)</i>	A	<i>Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)</i>	
	6,82		0,00	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción (kWh/m²año)</i>	<i>Demanda de refrigeración (kWh/m²año)</i>

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² ·año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² ·año)
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><54.20 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">54.20-87.8 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">87.80-136.10 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">136.10-209.30 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">209.30-375.60 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">375.60-473.20 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>473.20 G</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><12.20 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">12.20-19.9 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">19.90-30.80 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">30.80-47.30 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">47.30-83.70 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">83.70-100.40 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>100.40 G</div> </div>

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² ·año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² ·año)
<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><28.90 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">28.90-46.8 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">46.80-72.60 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">72.60-111.60 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">111.60-178.30 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">178.30-208.60 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>208.60 G</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px; text-align: center;"><10.00 A</div> <div style="background-color: #8BC34A; color: white; padding: 2px; text-align: center;">10.00-14.3 B</div> <div style="background-color: #FFEB3B; color: white; padding: 2px; text-align: center;">14.30-20.40 C</div> <div style="background-color: #FFC107; color: white; padding: 2px; text-align: center;">20.40-29.70 D</div> <div style="background-color: #FF9800; color: white; padding: 2px; text-align: center;">29.70-36.70 E</div> <div style="background-color: #FF5722; color: white; padding: 2px; text-align: center;">36.70-45.10 F</div> <div style="background-color: #D32F2F; color: white; padding: 2px; text-align: center;">=>45.10 G</div> </div>

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² ·año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² ·año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² ·año)										
Demanda (kWh/m ² ·año)										

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA
Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	06/11/15
--	----------

8.4 ANEXO 5. DATOS TÉCNICOS DE AISLAMIENTOS

ROCKSATE DUO



PRODUCTO

Panel rígido de lana de roca volcánica de doble densidad no revestido.

APLICACIONES

Obra nueva y rehabilitación. Aislamiento para sistemas compuestos de aislamiento térmico por el exterior (SATE) en fachadas.



Panel único de doble densidad para fachadas SATE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma	
Densidad capa superior	150 kg/m ³	EN1602	
Densidad capa inferior	95 Kg/m ³	EN1602	
Conductividad térmica	0.036 W/(m*K)	EN 12667	
Resistencia térmica	Espesor en mm	R(m2K/W)	
	50	1,35	
	60	1,65	
	80	2,2	
	100	2,75	
	120	3,3	
	140	3,85	
	160	4,4	
	180	5	
	200	5,55	
Tolerancia de espesor	T5	EN 823	
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604	
Resistencia a la compresión	Código de designación	Unidad	
	20	20	
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	Código de designación	Unidad	
	7,5	7,5	
Carga puntual	Código de designación	Unidad	
	300	300	
Reacción al fuego	A1	EN 13501.1	
Dimensiones	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
	1200	600	50
	1200	600	60
	1200	600	80
	1200	600	100
	1200	600	120
	1200	600	140
	1200	600	160
	1200	600	180
	1200	600	200
Absorción de agua a corto plazo	WS Absorción de agua < 1,0 Kg/m ²	EN 1609	
Absorción de agua a largo plazo por inmersión parcial	WL(P) Absorción de agua < 3,0 Kg/m ²	EN 12087	
Transmisión de vapor de agua	MU1 $\mu = 1$	EN 12086	

VENTAJAS ESPECÍFICAS DEL PRODUCTO

- Excelente rendimiento térmico.
- Óptimas prestaciones acústicas.
- Máxima adaptabilidad al soporte.

VENTAJAS GENERALES DE LA LANA DE ROCA

- Incombustibilidad; clasificación máxima de reacción al fuego.
- Estabilidad dimensional con acabados en tonalidades oscuras.
- Químicamente inerte; no causa o favorece la corrosión de materiales.
- Respetuoso con el medio ambiente; libre de CFC y HCFC.

Comportamiento al agua

Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura no capilar.

Mantenimiento

Los productos ROCKWOOL no precisan ningún tipo de mantenimiento.

Embalaje

Los productos son suministrados en paquetes embalados con película plástica y retráctil y paletizados. Los paquetes deben almacenarse sin estar en contacto con el suelo y a cubierto.

Generalidades

Los valores reseñados en la presente ficha técnica son valores medios obtenidos en ensayos. ROCKWOOL se reserva el derecho en todo momento y sin previo aviso a modificar las especificaciones de sus productos.





IBR

Cubiertas

Descripción

Rollo de lana de vidrio ISOVER, no hidrófilo, revestido en una de sus caras con un papel Kraft que actúa como barrera de vapor.

Aplicaciones

Concebido específicamente para el aislamiento térmico y acústico de forjados de cubiertas por el interior evitando la aparición de condensaciones en climas fríos.

- Cubiertas planas o inclinadas sin cargas.
- Aislamiento entre tabiques palomeros.
- Aislamiento de buhardillas
- Falsos techos y cielorasos.

CTE Edificios Propiedades técnicas

Símbolo	Parámetro	Icono	Unidades	Valor	Norma
λ_0	Conductividad térmica declarada		W/m·K	0,040	EN 12667 EN 12939
C_p	Calor específico aproximado		J/kg·K	800	—
AF_g	Resistencia al flujo de aire		kPa·s/m ²	> 5	EN 29053
	Reacción al fuego		Euroclase	F	EN 13501-1
WS	Absorción de agua a corto plazo		kg/m ²	< 1	EN 1609
Z	Resistencia a la difusión de vapor de agua del revestimiento de papel Kraft		m ² ·h·Pa/mg	3	EN 12086
MU	Resistencia a la difusión de vapor de agua, μ			1	EN 12086

Espesor mm	Resistencia térmica declarada R_0 , m ² ·K/W	Código de designación
EN 823	EN 12667 EN 12939	EN 13162
80	2,00	MW-EN 13162-T2-WS-Z3-AFr5
100	2,50	
120	3,00	

Presentación



Espesor d (mm)	Largo l (m)	Ancho b (m)	m ² /bulto	m ² /palé	m ² /camión
80	12,00	1,20	14,40	288,00	5.184
80	12,00	0,60	14,40	288,00	5.184
100	10,00	1,20	12,00	240,00	4.320
120	9,00	1,20	10,80	216,00	3.888

Ventajas

- Mejora eficaz del aislamiento térmico y acústico en edificación.
- Recomendado para la rehabilitación de cubiertas por el interior y cubiertas ligeras.
- Su formato en rollo facilita la manipulabilidad y colocación del producto.
- Adaptabilidad de la lana de vidrio a los encuentros con ventanas, pilares, etc, sin que se deteriore el producto ni la continuidad del mismo.
- Líneas guía sobre el papel kraft que facilitan el corte.
- Producto accesible en centros comerciales y apto para la instalación en trabajos de bricolaje y pequeñas reformas.
- Producto sostenible con composición en material reciclado superior al 50%. Material reciclable 100%.
- Material inerte que no es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos.
- Mantiene las prestaciones del sistema inalteradas durante toda la vida útil del edificio, no se degradan con el tiempo.



Certificados



Guía de instalación

Información adicional disponible en: www.isover.es

ALPHAROCK-E 225



PRODUCTO

Panel semi-rígido de lana de roca no revestido.



APLICACIONES

Aislamiento térmico y acústico en cerramientos verticales separativos o distributivos de placas de yeso laminado o doble hoja cerámica, cerramientos horizontales sobre falso techo, en cubiertas inclinadas por el interior, fachadas ventiladas y bajo forjados en contacto por el exterior o espacios no habitables.



Excelente aislamiento térmico y acústico. Buenas propiedades mecánicas y de reacción al fuego.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma	
Densidad nominal	70 kg/m ³	EN1602	
Conductividad térmica	0.034 W/(m*K)	UNE-EN 12667	
Resistencia térmica	Espesor en mm	R(m2K/W)	
	30	0,85	
	40	1,15	
	50	1,45	
	60	1,75	
	80	2,35	
Tolerancia de espesor	T3	EN 823	
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604	
Reacción al fuego	A1	UNE-EN 13501.1	
Dimensiones	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
	1350	400	40
	1350	400	50
	1350	600	30
	1350	600	40
	1350	600	50
	1350	600	60
	1350	600	80
Absorción de agua a corto plazo	WS Absorción de agua < 1,0 Kg/m ²	EN 1609	
Absorción de agua a largo plazo por inmersión parcial	WL(P) Absorción de agua < 3,0 Kg/m ²	EN 12087	
Transmisión de vapor de agua	MU1 $\mu = 1$	EN 12086	

Ventajas

1. Facilidad y rapidez de instalación.
2. Perfecta adaptación a los elementos estructurales.
3. Seguridad en caso de incendio.
4. Excelente aislamiento térmico y acústico.
5. No hidrófilo ni higroscópico.
6. Químicamente inerte.
7. Libre de CFC y HCFC, respetuoso con el medio ambiente.

Comportamiento al agua

Los productos de lana de roca no retienen el agua y poseen una estructura no capilar.

Aislamiento acústico

La lana de roca ROCKWOOL gracias a su estructura multidireccional aporta a los elementos constructivos una notable capacidad de aumentar el nivel de aislamiento acústico.

Características químicas

La lana de roca ROCKWOOL es químicamente inerte y no puede causar o favorecer la aparición de una corrosión de materiales. Es indeformable con el paso de los años. No favorece el desarrollo bacteriano.

Mantenimiento

Los productos ROCKWOOL no precisan ningún tipo de mantenimiento.

Embalaje

Los productos son suministrados en paquetes embalados con película plástica y retráctil y paletizados. Los paquetes deben almacenarse sin estar en contacto con el suelo y a cubierto.

Generalidades

Los valores reseñados en la presente ficha técnica son valores medios obtenidos en ensayos. ROCKWOOL se reserva el derecho en todo momento y sin previo aviso a modificar las especificaciones de sus productos.



8.5 ANEXO 6. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN

Las siguientes páginas describirán los cálculos realizados para dimensionar el sistema de ventilación que se pretende incorporar a la vivienda.

8.5.1 CAUDAL DE AIRE

Los cálculos del sistema de conductos y de la unidad de ventilación están basados en el caudal total del edificio. A continuación se muestran las diferentes partes de ventilación en la vivienda de estudio:



De acuerdo con los principios del CTE-DB-HE-3, donde se describe los caudales mínimos necesarios para cada habitación, dependiendo de la ocupación y el área. En la siguiente tabla, se muestra el caudal para cada habitación:

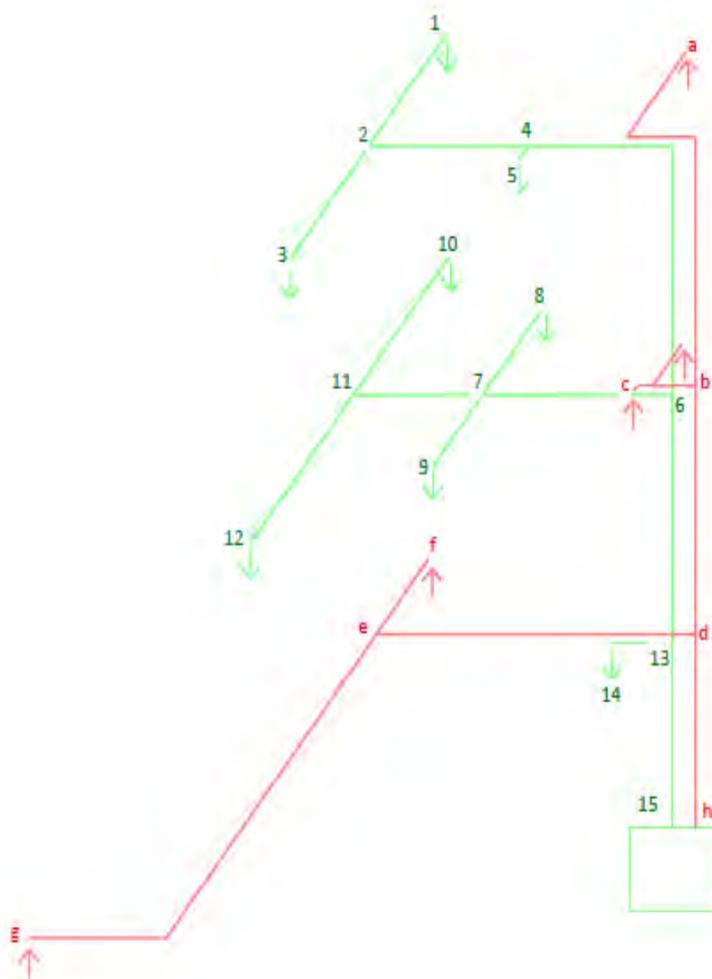
HABITACIÓN	H1	H2	H3	H4	H5	H6	A1	A2	A3	A4	S	C
<i>Personas</i>	1	1	1	2	2	2					9	
<i>Área (m²)</i>												9.44
<i>MIN. caudal (l/s/persona)</i>	5	5	5	5	5	5					3	
<i>MIN. caudal (l/m²/persona)</i>												2
<i>MIN.caudal (l/s) por local</i>							-15	-15	-15	-15		
<i>CAUDAL DE AIRE (l/s)</i>	5	5	5	10	10	10	-15	-15	-15	-15	27	-18.88

Caudal de ventilación de suministro	77 l/s
Caudal de ventilación de extracción	78.88 l/s

Según el principio de equilibrio, el caudal mínimo de ventilación será 78.88 l/s

8.5.2 SISTEMA DE CONDUCTOS

Para calcular las dimensiones de los conductos, primero se diseña el recorrido necesario para llegar a cada habitación. El siguiente esquema muestra el sistema de inhalación y expulsión de aire para esta vivienda unifamiliar. Para minimizar el consumo de energía de los conductos, el recorrido es diseñado lo más corto, recto y directo posible.



La línea roja representa el sistema de extracción y la línea verde representa el sistema de suministro.

El cálculo de los conductos está basado en la velocidad que adquiere el aire. Según la siguiente fórmula se podrá averiguar el área necesaria:

CONDUCTO PRINCIPAL	3.5 – 4.5 m/s
DERIVACIÓN	3.0 m/s
CONDUCTO DE CONEXIÓN	2.5 m/s

$$\frac{q}{v} = A$$

A = Área del conducto (m²)
q = caudal de aire (m³/s)
v = velocidad del aire (m/s)

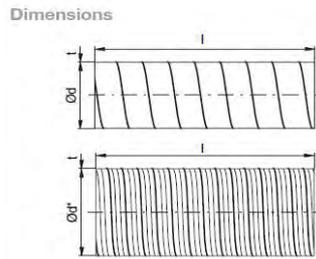
8.5.2.1 Conductos de Extracción

PART	qv (l/s)	qv (m3/s)	Type (MBC)	Velocity (m/s)	Section (m2)	Diameter (m)	Final diameter
a-b	15,00	0,02	C	2,50	0,01	0,09	100,00
b-c	30,00	0,03	C	2,50	0,01	0,12	140,00
b-d	45,00	0,05	M	3,00	0,02	0,14	140,00
d-e	33,88	0,03	B	2,50	0,01	0,13	160,00
e-f	18,88	0,02	C	4,00	0,00	0,08	100,00
e-g	15,00	0,02	C	4,00	0,00	0,07	80,00
d-h	78,88	0,08	M	3,00	0,03	0,18	200,00

8.5.2.2 Conductos de suministro

PART	qv (l/s)	qv (m3/s)	Qdim(m3/s)	Type (MBC)	Velocity (m/s)	Section (m2)	Diameter (m)	Final diameter
1-2	10	0,01	0,010	C	2,5	0,004	0,072	80
2-3	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
2-4	15	0,015	0,015	B	3	0,005	0,081	100
4-5	10	0,01	0,010	C	2,5	0,004	0,072	80
4-6	25	0,025	0,026	M	4	0,006	0,091	100
6-7	25	0,025	0,026	B	3	0,009	0,105	112
7-8	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
7-9	10	0,01	0,010	C	2,5	0,004	0,072	80
7-11	10	0,01	0,010	B	3	0,003	0,066	80
11-10	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
11-12	5	0,005	0,005	C	2,5	0,002	0,051	63
6-13	50	0,05	0,052	M	4	0,013	0,128	140
13-14	27	0,027	0,028	C	2,5	0,011	0,119	140
13-15	77	0,077	0,079	M	4	0,020	0,159	160
13-16	77	0,077	0,079	M	4	0,020	0,159	160

Los conductos seleccionados son de la casa Lindab:



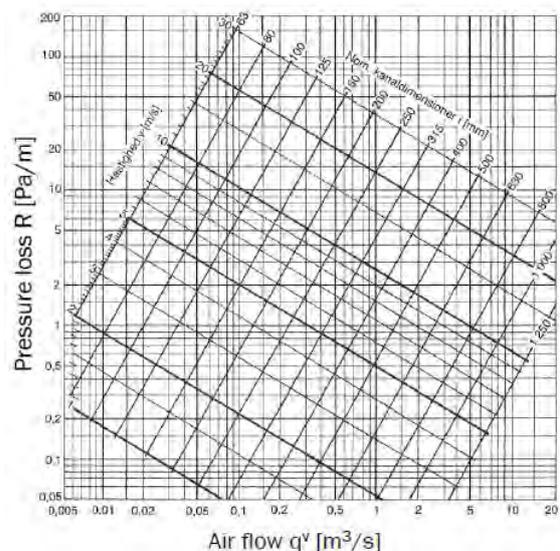
Od std nom	O rd m	A rd ² /4 m ²	t std mm	l std mm	ml std kg/m
63	0,198	0,003	0,5	3000	0,89
80	0,251	0,005	0,45	3000	0,91
100	0,314	0,008	0,45	3000	1,14
112	0,352	0,010	0,5	3000	1,42
125	0,393	0,012	0,45	3000	1,41
140	0,440	0,015	0,5	3000	1,76
150	0,471	0,018	0,5	3000	1,89
160	0,503	0,020	0,5	3000	2,02
180	0,565	0,025	0,5	3000	2,26
200	0,628	0,031	0,5	3000	2,56
224	0,704	0,039	0,6	3000	3,42
250 *	0,785	0,049	0,5	3000	3,18
280	0,880	0,062	0,55	3000	3,92
300 *	0,942	0,071	0,55	3000	4,20
315 *	0,990	0,078	0,55	3000	4,41
355 *	1,115	0,099	0,55	3000	4,96
400 *	1,257	0,126	0,55	3000	6,01
450 *	1,414	0,159	0,7	3000	8,60
500 *	1,571	0,196	0,7	3000	9,54
560 *	1,759	0,246	0,8	3000	12,2
600 *	1,885	0,283	0,7	3000	13,1
630 *	1,979	0,312	0,7	3000	12,0
710 *	2,231	0,396	0,8	3000	15,5
800 *	2,513	0,503	0,8	3000	17,4
900 *	2,827	0,636	0,9	3000	21,7
1000 *	3,142	0,785	0,9	3000	24,1
1120 *	3,519	0,985	0,9	3000	27,0
1250 *	3,927	1,227	0,9	3000	30,2
1400 *	4,398	1,539	1,25	2400	48,0
1500 *	4,712	1,767	1,25	2400	51,4
1800 *	5,027	2,011	1,25	2400	54,8

8.5.3 PÉRDIDA DE PRESIÓN

Para poder comprobar que la unidad de ventilación es la correcta para nuestro sistema de ventilación, se deberá calcular la pérdida de presión del recorrido más crítico de nuestro circuito (punto 10 a punto 16).

El método consiste en calcular la pérdida de presión de los conductos dependiendo de sus diámetros y de la velocidad del aire.

Primero se calcula la pérdida que sufren los conductos rectos ($\Delta p_s = R \times \text{longitud}$), R es la fricción por metro que sufre el conducto (Pa/m) y se muestra en la gráfica siguiente, donde se relaciona el diámetro con el caudal. Las gráficas son facilitadas por los fabricantes de los conductos.



Posteriormente se calcula, dependiendo de la sección del conducto, la pérdida de presión por resistencia (Δp_r) dependiendo de la documentación del conducto. Una vez calculadas estas dos clases de pérdidas, se puede calcular la pérdida de presión total, siguiendo las siguientes fórmulas:

$$\Delta p_t = \Delta p_s + \Delta p_r + \Delta p_{pcomp}$$

Δp_s , pérdida de presión para los conductos rectos $\Delta p_s = R \times l$ (Pa)

Δp_r , pérdida de presión por resistencia

Δp_{pcomp} , pérdida de presión en el componente

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho \times \xi \times v^2 \text{ (Pa), where:}$$

ρ ; densidad del aire, constante 1,203 kg/m³ at 20 °C and 1013 bar

ξ ; coeficiente de presión

v ; velocidad depende de la sección, en el caso de usar conductos circulares : $V = \frac{4q}{\pi \times d^2}$

8.5.3.1 sección 10 - 11

L= 2 m

Q= 0.007 m³/s

$\varnothing = 63$ mm

NO HAY CURVAS

8.5.3.1.1.1.1 CONDUCTO RECTO

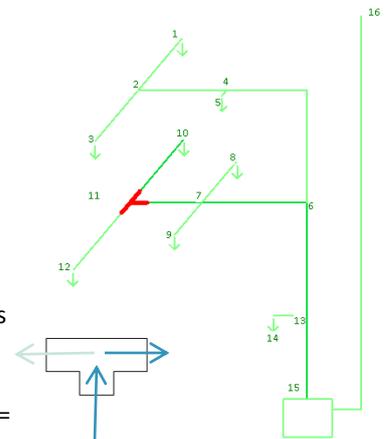
As it has been explained before, to calculate the straight duct loss it is necessary to use APPENDIX A.

Introducing the diameter of the section and the flow, $\varnothing = 63$ mm and $Q_v = 0,007$ m³/s, it is obtained the pressure loss per meter, $R = 2.5$ Pa/m.

$$\Delta p_s = R \times l = 2.5 \text{ (Pa/m)} \times 2 \text{ m} = 5 \text{ Pa}$$

8.5.3.1.1.1.2 RESISTENCIA

The next step is to choose between APPENDIX B and C, depending of the section and the flow direction. In this case, the appendix chosen has been APPENDIX C.



Introducing the data, q_{v1}/q_v , in the next table, the pressure coefficient, ξ , is obtained. In case there were bends, they would be considered in this step, increasing the value of ξ .

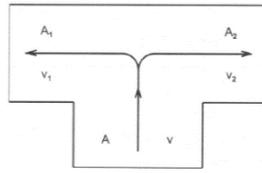
$$\frac{q_{v1}}{q_v} = \frac{0,007}{0,013} = 0.5$$

$$\xi = 1,10$$

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho \times \xi \times v^2$$

$$pd = \frac{1}{2} \rho \times v^2 = 3.02$$

$$\Delta p_r = pd \times \xi = 1, \Delta p_r = 3.02 \times 1.10 = 3.3 \text{ Pa}$$



8.5.3.1.1.1.3 DIFFUSER RESISTANCE

$$\Delta P = 1 \text{ Pa}$$

$A_1 = A_2 = 0,5 \cdot A$, <i>fordeling</i> , $\alpha = 90^\circ$			
q_{v1}/q_v	ζ_1	q_{v2}/q_v	ζ_2
0,1	22,50	0,1	22,50
0,2	5,00	0,2	5,00
0,3	2,08	0,3	2,08
0,4	1,25	0,4	1,25
0,5	1,10	0,5	1,10
0,6	0,83	0,6	0,83
0,7	0,61	0,7	0,61
0,8	0,47	0,8	0,47
0,9	0,37	0,9	0,37

8.5.3.2 SecClÓN 7 – 11

$$L = 1.7 \text{ m}$$

$$Q = 0.013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\varnothing = 80 \text{ mm}$$

NO HAY CURVAS

8.5.3.2.1.1.1 CONDUCTO RECTO

$$\Delta p_s = R \times l = 1 \text{ (Pa/m)} \times 1.7 \text{ m} = 1.7 \text{ Pa}$$

8.5.3.2.1.1.2 RESISTENCIA

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{0,007}{0,011} = 0.66$$

$$\frac{Ab1}{A_c} = \frac{0,006}{0,011} = 0.5$$

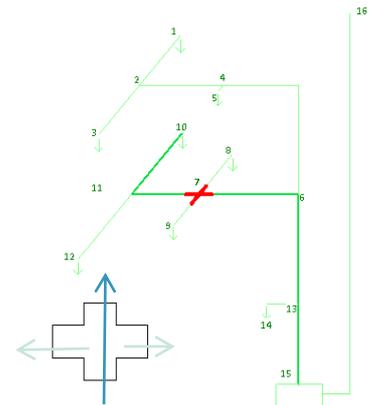
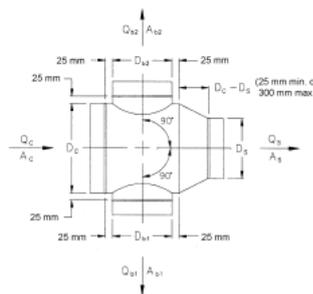
$$\frac{Qb1}{Q_c} = \frac{0,017}{0,043} = 0.4$$

$$\xi = 1,74$$

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho \times \xi \times v^2$$

$$pd = \frac{1}{2} \rho \times v^2 = 4.01$$

$$\Delta p_r = pd \times \xi = 4.01 \times 1.74 = 6.9 \text{ Pa}$$



		C_{21} Values										
		Q_{21}/Q_2										
A_1/A_2	A_{22}/A_2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9		
0.20	0.1	2.07	2.08	1.62	1.30	1.08	0.93	0.81	0.72	0.64		
	0.2		2.07	2.31	2.08	1.83	1.62	1.44	1.30	1.18		
	0.3			2.07	2.34	2.24	2.08	1.91	1.76	1.62		
	0.4				0.90	2.07	2.32	2.31	2.21	2.08	1.95	
	0.5					1.28	2.07	2.30	2.33	2.27	2.18	
	0.6						1.48	2.07	2.29	2.34	2.31	
	0.7							0.55	1.60	2.07	2.27	2.33
	0.8								0.90	1.68	2.07	2.25
	0.9									1.12	1.74	2.07
0.35	0.1		3.25	3.11	2.69	2.32	2.03	1.80	1.61	1.46		
	0.2			2.44	3.25	3.28	3.11	2.90	2.69	2.49		
	0.3				1.69	2.88	3.25	3.31	3.23	3.11		
	0.4					1.12	2.44	3.02	3.25	3.31		
	0.5						0.69	2.04	2.73	3.09		
	0.6							0.37	1.59	2.44		
	0.7								0.11	1.38		
	0.8											
	0.9											
0.55	0.1		1.50	1.56	1.38	1.20	1.06	0.94	0.84	0.77		
	0.2			0.89	1.50	1.60	1.56	1.47	1.38	1.28		
	0.3				0.38	1.20	1.50	1.59	1.59	1.56		
	0.4					0.00	0.89	1.31	1.50	1.58		
	0.5							0.61	1.09	1.36		
	0.6								0.38	0.89		
	0.7									0.17		
	0.8											
	0.9											
0.80	0.1	1.20	0.62	0.80	1.28	1.99	2.92	4.07	5.44	7.02		
	0.2	4.10	1.20	0.72	0.62	0.66	0.80	1.01	1.28	1.60		
	0.3	8.99	2.40	1.20	0.81	0.66	0.62	0.64	0.70	0.80		
	0.4	15.89	4.10	1.94	1.20	0.88	0.72	0.64	0.62	0.63		
	0.5	24.80	6.29	2.91	1.62	1.20	0.92	0.77	0.68	0.63		
	0.6	35.73	8.99	4.10	2.40	1.62	1.20	0.96	0.81	0.72		
	0.7	48.67	12.19	5.51	3.19	2.12	1.55	1.20	0.99	0.85		
	0.8	63.63	15.89	7.14	4.10	2.70	1.94	1.49	1.20	1.01		
	0.9	80.60	20.10	8.99	5.13	3.36	2.40	1.83	1.46	1.20		

8.5.3.3 SecCIÓN 7 – 6

L = 2.5 m

Q = 0.033 m³/s

∅ = 100 mm

NO CURVAS

CONDUCTO RECTO

$\Delta p_s = R \times l = 2.5 \text{ (Pa/m)} \times 2.5 \text{ m} = 6.25 \text{ Pa}$

RESISTENCIA

$\frac{A^2}{A} = \frac{0,0011}{0,028} = 0.37$

$\frac{Q^2}{Q} = \frac{0,043}{0,069} = 0.62$

$\xi = 0.72$

$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho \times \xi \times v^2$

$pd = \frac{1}{2} \rho \times v^2 = 10.29$

$\Delta p_r = pd \times \xi = 10.29 \times 0.72 = 7.5 \text{ Pa}$

8.5.3.4 SecCIÓN 6 – 13

L = 2.7 m

Q = 0.052 m³/s

8.5.3.4.1.1.1 ∅ = 160 mm

CONDUCTO RECTO

$\Delta p_s = R \times l = 0.6 \text{ (Pa/m)} \times 2.7 \text{ m} = 1.62 \text{ Pa}$

RESISTENCIA

$\frac{A^2}{A} = \frac{0,009}{0,028} = 0.2$

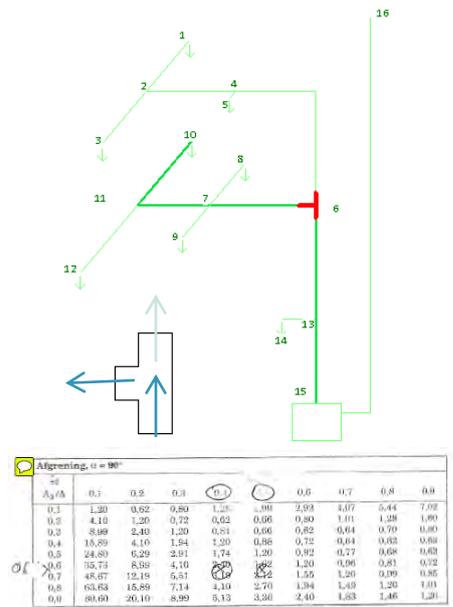
$\frac{Q^2}{Q} = \frac{0,038}{0,069} = 0.35$

$\xi = 0.62$

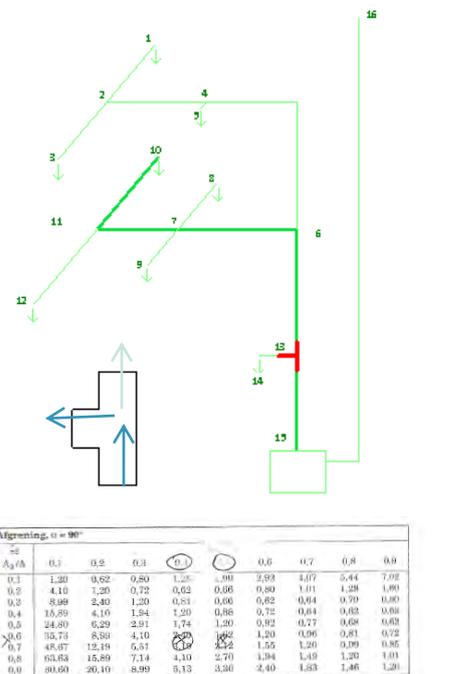
$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho \times \xi \times v^2$

$pd = \frac{1}{2} \rho \times v^2 = 4.01$

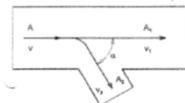
$\Delta p_r = pd \times \xi = 4.01 \times 0.62 = 6.22 \text{ Pa}$



A.08.07. Tryktabelfaktorer for kanal fittings (fortsat).



A.08.07. Tryktabelfaktorer for kanal fittings (fortsat).



8.5.3.5 SecCIÓN 13 – 15

L= 2 m

Q= 0.080 m³/s

∅ = 200 mm

NO HAY CURVAS

CONDUCTO RECTO

$$\Delta p_s = R \times l = 1.5 \text{ (Pa/m)} \times 2 \text{ m} = 3 \text{ Pa}$$

8.5.3.6 SecCIÓN 15 - 16

L = 7.4 m

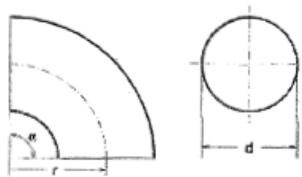
Q= 0.08 m³/s

∅ = 200 mm

CONDUCTO RECTO

$$\Delta p_s = R \times l = 1.5 \text{ (Pa/m)} \times 7.4 \text{ m} = 11.1 \text{ Pa}$$

TABLE 6.10. LOSS COEFFICIENTS FOR ELBOWS, 1997



d mm	r/d = 1.0		r/d = 1.5	
	α = 45°	α = 90°	α = 45°	α = 90°
75	0.20	0.44	0.18	0.30
100	0.17	0.37	0.13	0.21
125	0.14	0.30	0.10	0.16
150	0.11	0.25	0.08	0.14
200	0.11	0.24	0.07	0.11
250	0.11	0.24	0.07	0.11

$$\xi = 0.25$$

$$\Delta p_r = \frac{1}{2} \rho \times \xi \times v^2$$

$$pd = \frac{1}{2} \rho \times v^2 = 3.8$$

$$\Delta p_r = pd \times \xi = 3.8 \times 0.25 = 0.95 \text{ Pa}$$

8.5.4 PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL

Part	q'	Dimension	D _s	v	l	R	p _e	Σξ	Δp _r	ΣΔp _r
	m³/s	m²/h	mm	m/s	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
10									1	1
10-11	0,007	25,2	63	100	2,25				5	9
7-11	0,013	46,8	80	100	2,59		3,02	1,1	3	
7-6	0,033	118,8	100	100	4,20				2	18
6-13	0,052	187,2	160	160	2,59		4,01	1,74	7	
13-15	0,08	288	200	200	2,55				6	32
15-16	0,08	288	200	200	2,55		10,5	0,72	8	
									2	34
							1,01	0,62	1	37
									3	
							0	0,5	0	37
									11	
							3,8	0,25	1	49

8.6 ANEXO 7. DATOS TÉCNICOS DE UNIDAD DE VENTILACIÓN

PRODUCT DATA

COMFORT 300LR BY NILAN



Ventilation & passive heat recovery



Domestic



Passive
heat recovery



Ventilation
< 325 m³/h

COMFORT 300LR

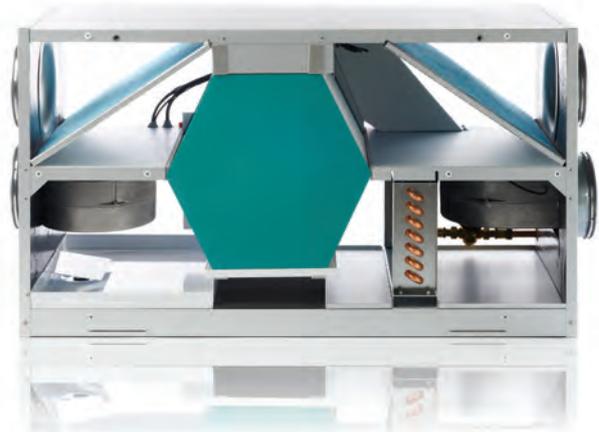
Product description

The Comfort 300LR is an energy-efficient ventilation unit with heat recovery for homes and smaller commercial buildings with a ventilation requirement of up to 325 m³/h.

This unit has been thoroughly tested, with improvements being continually made during its manufacture for more than 15 years. These improvements focused on low energy consumption, easy user operation and maintenance.

As a result, service access is available from both sides, which means that the Comfort 300 can be used as a "right" or "left" model. This offers a flexible and easy installation.

The Comfort 300LR is factory tested and ready for use. Installation and commissioning must be performed by an authorised electrician.



The two-sectioned door provides the user with an easy access for changing filters and also protects their fingers from getting caught in fans and heating elements.



Counterflow heat exchanger made of polystyrene, which has a higher temperature efficiency than aluminium exchangers.



The unit comes with a clear and user-friendly operating panel.

The modern CTS 602 control panel runs Modbus communication.



The efficient fans are powered by energy-saving EC motors.

They provide a constant air volume with a four-step adjustment.



Prepared for an integrated or external water heating element.

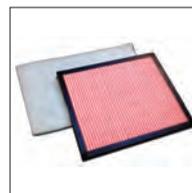


Intelligent humidity sensors provide an option for controlling the ventilation as required, based on the average air humidity in the home.

A CO₂ sensor can be purchased as an accessory.



The powder-coated condensate drain prevents the formation of "acid water" and allows the condensate to be drained away.



Filter monitor with timer

G4 filters are supplied as standard, but it is also possible to buy a F7 pollen filter as an accessory.



The automatic bypass damper makes the outdoor air bypass the heat exchanger when heat recovery is not required, thereby saving energy.

Bypass cooling as an option.

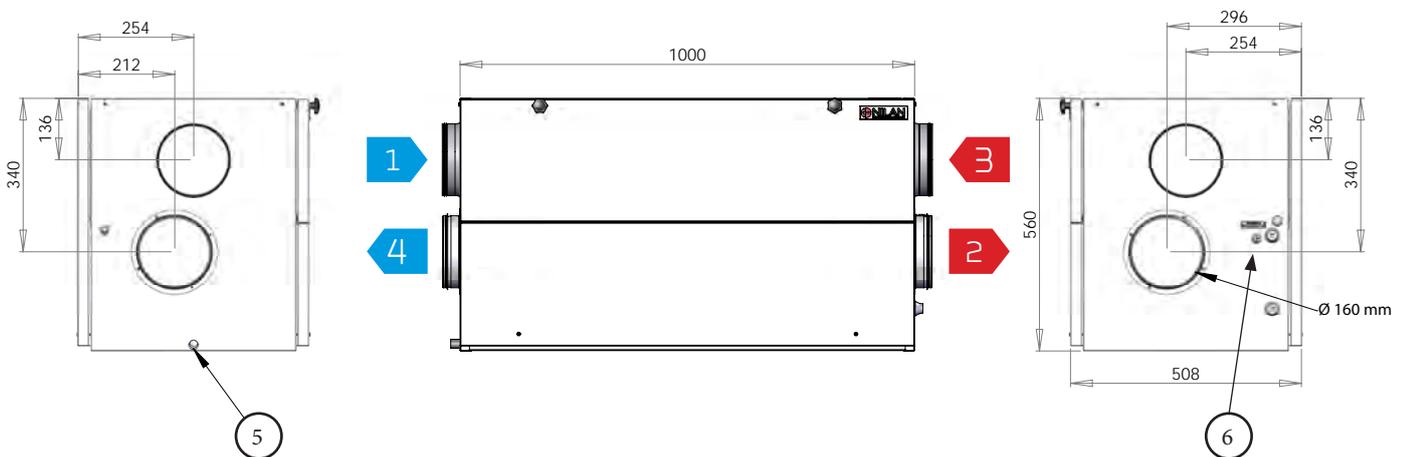
Technical specifications

Dimensions (W x D x H)	1000 x 508 x 560 mm
Weight (*1)	45/33 kg
Plate type casing	Aluzinc steel plate
Heat loss casing (*2)	32W / -32 W
Heat exchanger type	Polystyrene counterflow heat exchanger
Fan type	EC, constant volume
Filter class	Standard G4
Duct connections	Ø 160 mm
Condensate drain	PVC, Ø 20x1.5 mm
External leakage (*3)	< 1.1 %
Internal leakage (*4)	< 1.8 %

Supply voltage	230 V (±10 %), 50/60 HZ
Max. input/power (*5)	270 W/2.2 A
Tightness class	IP31
Standby power	4 W
Power consumption (*5&6)	420 kWh/year
Ambient temperature	-20/+40 °C

- *1 33 kg is without side plates and exchanger.
- *2 32 W: Outdoor air temperature -12 °C. Fitting location -12 °C. Extract air temperature 20 °C (room).
-32 W: Outdoor air temperature -12 °C. Fitting location 20 °C. Extract air temperature 20 °C (room).
- *3 At ± 250 Pa and 300 m³/h according to EN 308/EN 13141-7.
- *4 At ± 100 Pa and 300 m³/h according to EN 308/EN 13141-7.
- *5 Input without heating element (accessory).
- *6 Power consumption on continuous operation for system with SFP value 1.000 J/m³ at 170 m³/h.

Dimensional drawing



All dimensions are in mm.

Comfort 300LR shown with access to the primary side (heat exchanger) and connection to the right side.

Turned 180°, if the connection is desired to the left side.

Connections

- 1: Fresh air
- 2: Supply air
- 3: Extract air
- 4: Discharge air
- 5: Condensate drain
- 6: Electric and water heating

PLANNING DATA

Nilan units are tested in accordance with the valid standards of accredited independent test institutes.

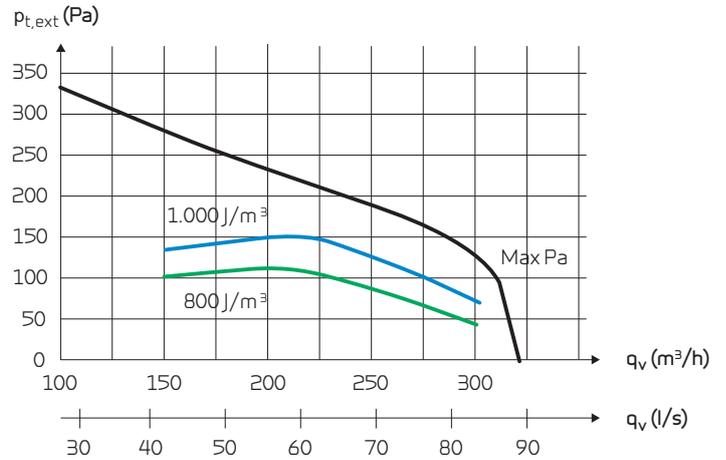
Capacity

Capacity of standard unit as a function of q_v and $P_{t,ext}$.

SFP values according to EN 13141-7 are for standard units with G4 filters and without heating element.

SFP values comprise the unit's total power consumption incl. control.

$$\text{Conversion factor: } \frac{\text{J/m}^3}{3600} = \text{W/m}^3/\text{h}$$

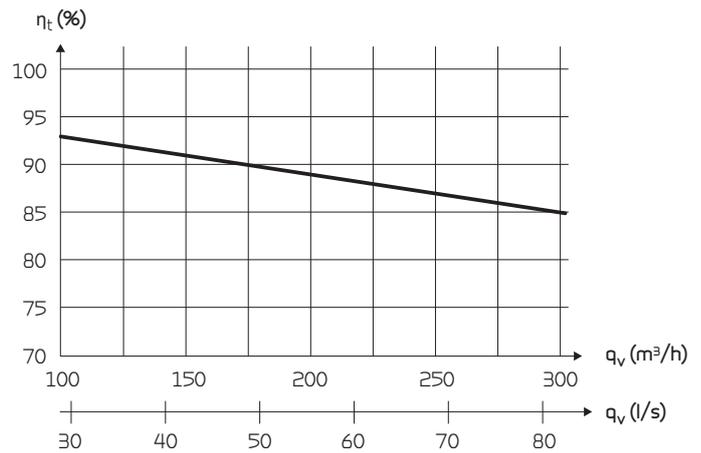


Temperature efficiency

Temperature efficiency for units with counterflow heat exchanger according to EN308 (dry).

Temperature efficiency EN308:

$$\eta_t = (t_{\text{supply air}} - t_{\text{fresh air}}) / (t_{\text{extract air}} - t_{\text{fresh air}})$$



Sound data

Sound data for $q_v = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ and $P_{t,ext} = 100 \text{ Pa}$ according to EN 9614-2 for surfaces and EN 5136 for ducts.

Sound output level L_{wA} drops with falling air volume and falling back pressure.

Sound output level L_{pA} at a given distance will depend on acoustic conditions in the place of installation.

Sound output level (L_{wA})

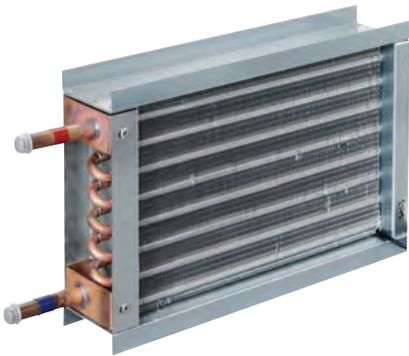
Octave band Hz	Surface dB(A)	Supply air dB(A)	Extract air dB(A)
63	26	-	-
125	32	58	45
250	26	58	39
500	27	58	34
1000	17	61	30
2000	11	56	30
4000	10	50	23
8000	-	43	21
Total $\pm 2 \text{ dB(A)}$	35	66	47

Capacity - Heating element (accessory)



Electrical heating surface

The electrical heating surface is fitted in the air inlet duct at a distance of min. 2 x duct diameter from the system's fresh air inlet connection pipe (normally min 320 mm.) and connected to the CTS 602 control panel and 230 V supply. The electrical heating surface can supply up to 1,2 kW of heat.



Water heating element for internal fitting

The water heating element is designed to be built into the system and must be connected to the primary heating supply and the CTS 602 control. The water heating element includes copper pipes and aluminium fins.

Capacities can be seen in the table below.

Capacity water heating element

Temperature input/output [°C]	Water side			Air side			
	Flow [m³/h]	Pressure drop [kPa]	Output [kW]	Flow [m³/h]	Temperature before WHE* [°C]	Temperature after WHE* [°C]	Pressure drop over WHE* [Pa]
40/30	0.05	0.8	0.53	100	16	32	2
	0.06	1.2	0.66	135	16	30	3
	0.08	2.1	0.89	210	16	29	5
	0.10	3.4	1.17	310	16	27	10
60/40	0.04	0.7	0.96	100	16	44	2
	0.05	1.0	1.19	135	16	42	3
	0.07	1.7	1.63	210	16	39	5
	0.09	2.7	2.10	310	16	36	10
70/40	0.03	0.4	1.09	100	16	48	2
	0.04	0.6	1.34	135	16	45	3
	0.05	1.0	1.82	210	16	41	5
	0.07	1.6	2.34	310	16	38	10

* Water heating element.

AUTOMATION

CTS 602 Control



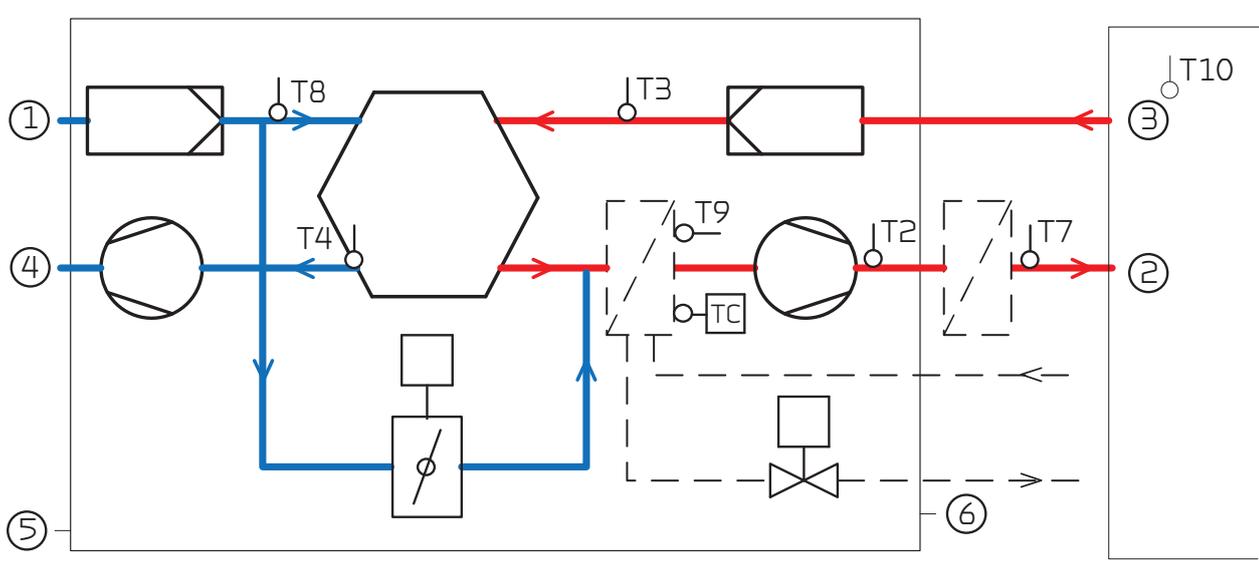
The Comfort 300LR is controlled using its CTS 602 operating panel, featuring a wide range of functions, e.g., menu-controlled operation, weekly programme settings, filter monitor with timer, fan speed adjustment, summer bypass (free cooling), supply-heating element control, error messages etc.

The CTS 602 comes with factory settings, including a default setting which can be customised to operational requirements to achieve optimum operation and utilisation of the system.

The operating panel must be placed in a dry, frost-free location, at least 1.5 m above floor level and at least 0.5 m from any corner. Avoid placing the panel on an external wall or in areas in direct sunlight.

Operating instructions for the CTS 602 can be found in a separate user manual supplied with the unit.

Functional diagram



Connections

- 1: Fresh air
- 2: Supply air
- 3: Extract air
- 4: Discharge air
- 5: Condensate drain
- 6: Electric and water heating

Automation

- T2/T7: Supply air sensor
- T9/TC: Heating element frost protection
- T3: Extract air sensor
- T4: Discharge air and defrost sensor
- T8: Fresh air sensor
- T10: Room sensor

Functional overview		+ Standard - Accessories
3 levels	The control function is divided into 3 levels: User/Service/Factory with various options at each level	+
Weekly plan	The unit has 3 weekly programmes (with a factory setting of "off") <ul style="list-style-type: none"> • Programme 1: for working families • Programme 2: for stay-at-home families • Programme 3: for businesses There is also an option for you to set your own weekly programme.	+
User option 1	This allows you to override the operating mode in the main menu via an external potential-free contact or PIR sensor.	+
Alarms	Alarm log featuring the last 16 alarms.	+
Filter monitor	Filter monitor with timer (factory setting of 90 days). Adjustable to 30/90/180/360 days.	+
Bypass	Bypassing the outdoor air reduces heat recovery, enabling the desired supply air temperature to be maintained spring, summer and autumn.	+
Air quality	Allows you to choose whether to switch humidity sensors and/or CO ₂ sensors on and off.	+/-
Humidity control	Allows you to set a higher or lower ventilation step in the case of high/low air humidity.	+
CO ₂ control	Allows you to set a higher or lower ventilation step in the case of a high/low CO ₂ level.	-
Air exchange	Allows you to select a low ventilation step in the case of low outside temperatures and air humidity.	+
Defrost function	Temperature-based automatic function for defrosting the heat exchanger.	+
Frostprotection	In case of failing heating system, the unit is turned off to avoid further cooling with a risk of the water heating coil frost bursting.	+
Temperature control	Allows you to select the temperature sensor which will control the unit. <ul style="list-style-type: none"> • T15 ROOM (panel sensor) • T10 EXT (fitted in a representative extraction valve) • T3 EXHAUST (extract air) 	+
Room low	Stops the unit at a low room temperature. Hereby is cooling of the home avoided in case of a failing central heating system. Standard set to OFF. Can be set from 1 to 20 degrees and is controlled by: <ul style="list-style-type: none"> • T15 ROOM (panel sensor) • T10 EXT (fitted in a representative extraction valve) • T3 EXHAUST (extract air) 	+
Room control	Allows you to set the regulator to control the room temperature.	+
Air volume	Allows you to set four ventilation steps. Supply air and extract air are set individually. Step 1 < 25% - Step 2 < 45% - Step 3 < 70% - Step 4 < 100%	+
Fire alarm	This allows you to connect fire-detecting thermostats, smoke detectors and other fire alarm contacts. In case of an alarm, smoke dampers are closed and the unit stops.	+
Joint alarm	Outlet for joint alarm	+
Constant pressure control	Allows control from both the extract air and supply air side.	-
Cooling	Via bypass. This allows you to choose whether to run the system at a higher or the highest ventilation step during cooling. The weekly programme has an option for setting cooling at night.	+
Intake air control	Allows you to set the regulator to control the intake air temperature/supply air (only available if the control unit has been configured for a supply-heating element).	+
External heating element	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature sensor T7 is an supply air sensor • Integrated frost protection for external water heating element • Motorised valve and circulation pump control unit 	-
External electric heating element	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature sensor T7 is an supply air sensor • Overheating protection 	-
Delayed start-up	There is a possibility for a delayed start-up by the fans, when a closing damper is installed.	+
Expansion PCB	Allows you to make additional connections, e.g. <ul style="list-style-type: none"> • User option 2 overrides User option 1 (e.g. connecting an EM box) • Up to 500 W direct • Can give the signal for external heating if the defrost function is used • Switching the central heating system on/off 	-
Reset	Allows you to restore the factory settings.	+
Manual test	Allows you to test the unit's functions manually.	+
Language	Option for setting the relevant language (Danish/Finnish/Norwegian/Swedish/German/English/French).	+

COMMUNICATION

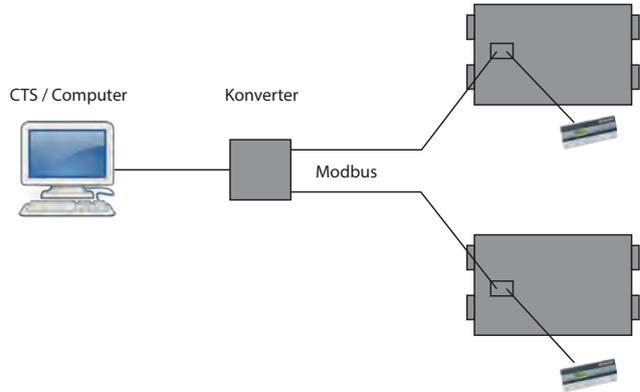
External communication

The CTS 602 control unit communicates by default with Modbus RTU RS485 communication. A CTS system using this form of communication can easily be connected to the unit.

Nilan units have an open Modbus communication, i.e. not only can the unit be monitored, but its operation can also be set in the same way as it can via the operating panel.

The protocol is set up by default for a Modbus RTU 30 address, but can be set to a value between 1 and 247.

A Modbus converter allows you to connect one or more units to a computer to monitor and control the unit.



OPERATION

Intelligent humidity control

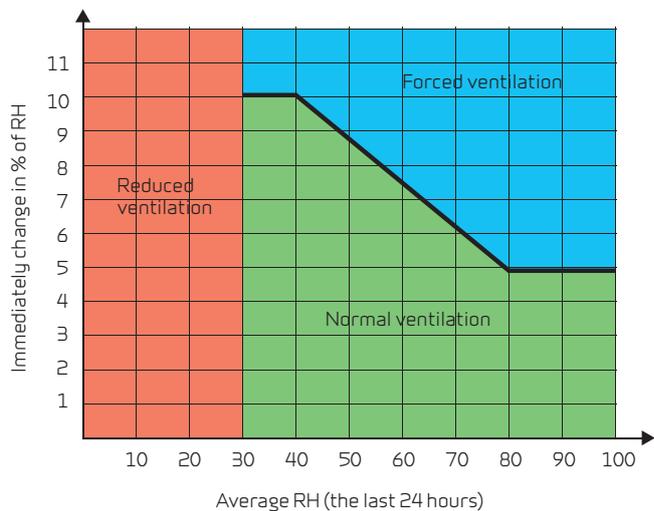
Nilan's humidity control feature automatically adapts to the needs of the family or the building.

The intelligent CTS 602 control unit does not need to have a set level input for air humidity (RH) to control the air exchange. By using the integrated humidity sensor, the control unit calculates the average level itself for the last 24 hours. The average level provides a basis for deciding whether to change the air exchange if the air humidity fluctuates.

This ensures that the unit always runs at its most efficient, based on the actual air humidity level and not on a theoretical one.

This helps save energy because it automatically adapts to the requirements in the home. Whether a large family or a single person is living in the building has a considerable influence on how much humidity is produced.

The unit also adjusts automatically to summer and winter level.



If the air humidity changes by more than 5-10% in relation to the average level, the unit responds with a higher rate of air exchange accordingly.

At an air humidity below 30% is reduced ventilation step activated (adjustable between 15 and 45%)

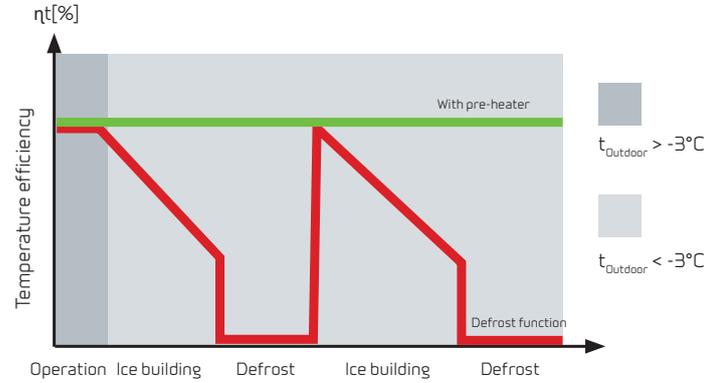
Frost protection

All ventilation units with a counterflow heat exchanger will ice up if the outdoor temperature is below freezing for a prolonged period.

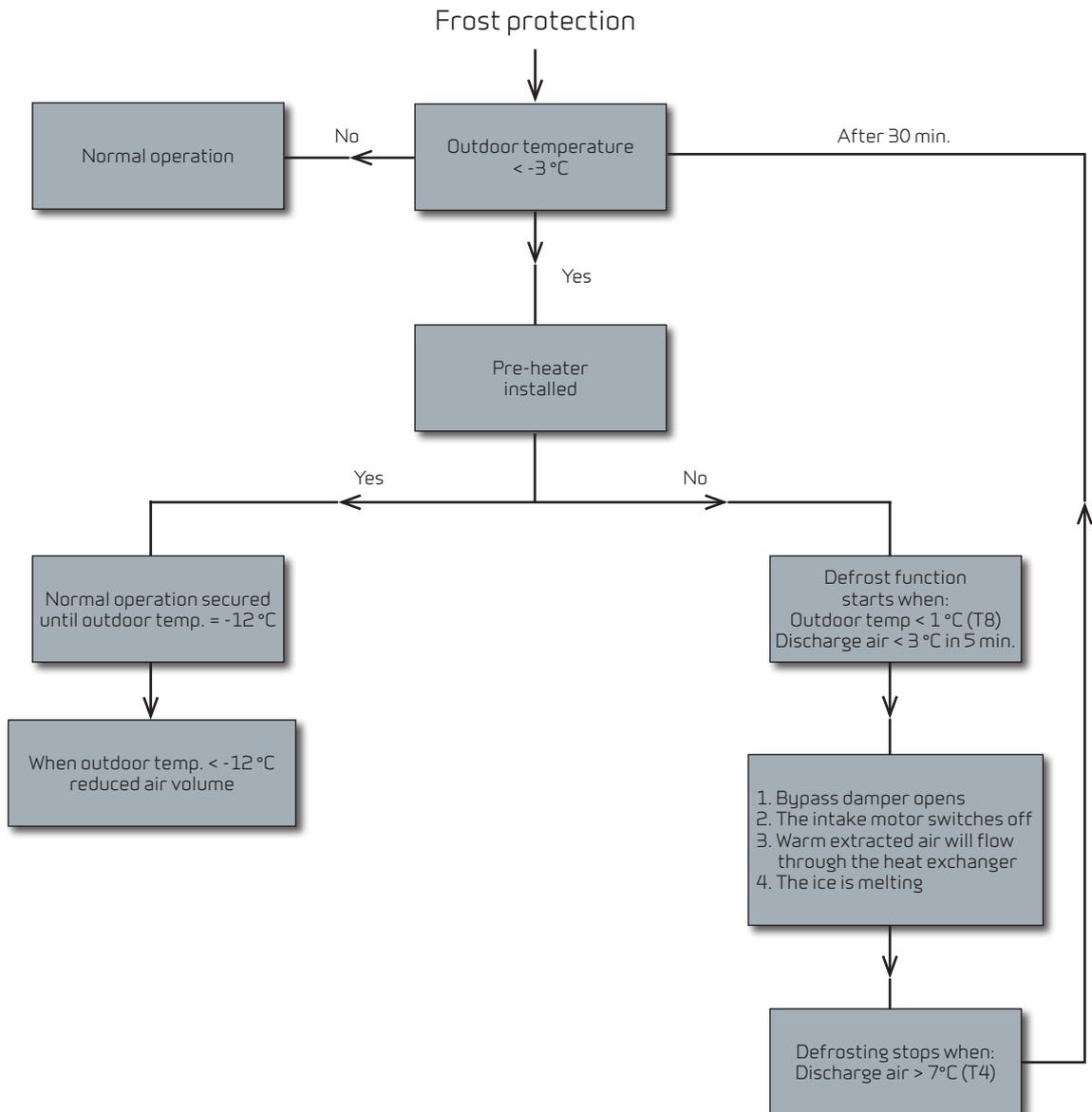
The extracted air condenses when it is cooled down during heat recovery. The high temperature efficiency will slowly turn the condensate to ice, which will block up the counterflow heat exchanger unless action is taken to remedy this.

Consideration must be given to whether the unit's operation can be protected during a lengthy period of frost or whether it is acceptable to decrease its operation.

In homes which are occupied at night, it would be advisable to protect the unit against frost when the outdoor temperature is coldest, by using a pre-heating element. On the other hand, if the ventilation is for an office, it may be acceptable to decrease the operating level at night.



The energy used for the preheating is not wasted, as it ensures a constant high temperature efficiency

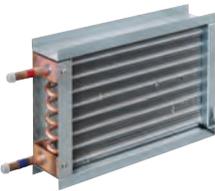


ACCESSORIES



CO₂-sensor

With a CO₂-sensor installed, the ventilation speed can be pre-programmed with CTS 602 to run at a higher ventilation steps when CO₂ reaches high level in the extract air. CO₂-level is programmable.



Water heating element incl. regulation

The supply temperature can always be raised to the required level using a water heating element. The water heating element is designed to be built into the unit and must be connected to the primary heating supply. Supplied with two-way adjustment valve, temperature sensor and frost thermostat.



Electrical heating surface incl. regulation

When you fit an electrical heating surface, you can raise the fresh air temperature to the desired level at any time. The electrical heating surface is supplied ready to fit into the fresh air duct and, for easy fitting, the device is pre-fitted with all the required sensors.



Electrical pre-heating element (Frost protection)

An electrical pre-heating element heats up the outdoor air before it enters the unit. This avoids having to defrost the unit, resulting in a loss of power.

There are temperature sensors supplied to be fitted in the ducts.



EM-box

An EM-box allows heat recovery from the air from the range hood and thereby helps to heat the supply air. The EM-box is equipped with a steel filter which efficiently cleans the range hood air of fat particles and thereby protects the system.



Expansion PCB

The expansion PCB provides additional functions for the CTS 602 control unit, e.g., controlling the EM-box (see list of functions on page 7).



Pollen filter F7

A pollen filter class F7 can be fitted in the unit. The pollen filter is fitted with the G4 plate filter.



Installation kit

The installation kit comprises of four vibration absorbers and a water trap for the condensation outlet. The water trap can be ordered separately.

Heating cable

To protect the condensation outlet against frost, a 3 metre-long self-regulating heating cable can be ordered.

DELIVERY AND HANDLING

Transport and storage

Comfort 300LR comes in factory packaging that protects it during transport and storage.

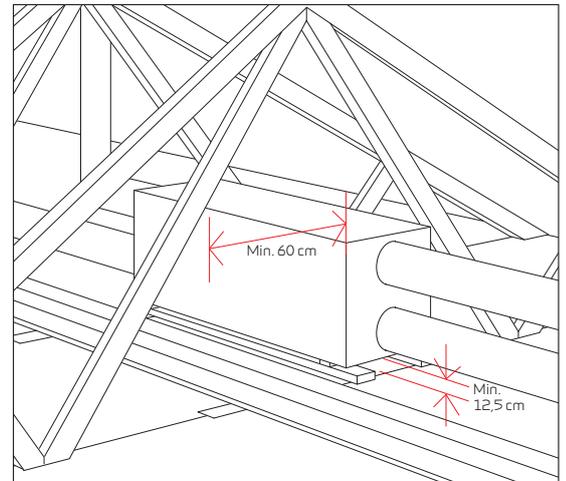
Comfort 300LR must be stored in a dry place in its original packaging until installation.

The packaging should only be removed immediately prior to installation.

Installation conditions

During installation, future service and maintenance should be taken into account. We recommend a minimum space in front of and behind the unit of 60 cm.

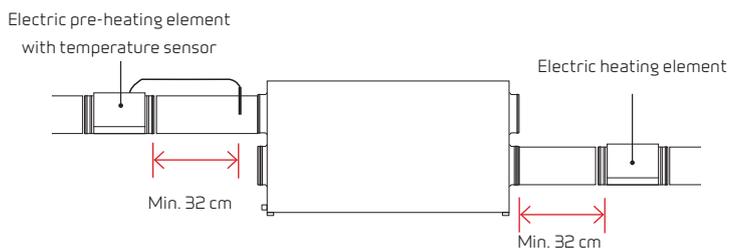
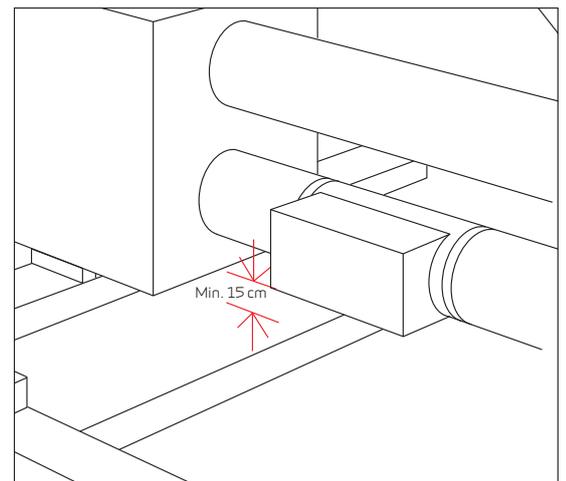
The unit must be installed level for the sake of the condensate drain. The condensate drain requires clearance of min. 12,5 cm under the drain nozzle.



Installation of electric heating element

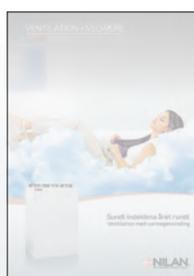
Electric heating elements (accessories) are fitted in the duct. The fitter should ensure that there is a safe distance of at least 15 cm between the electric heating element and any inflammable material. The heating element must be insulated using fire-resistant insulation material.

The electric heating element must be connected by an authorised electrician.



INFORMATION FROM A TO Z

Nilan develops and manufactures premium-quality, energy-saving ventilation and heat pump solutions that provide a healthy indoor climate and low-level energy consumption with the greatest consideration for the environment. In order to facilitate each step in the construction process - from choosing the solution through to planning, installation and maintenance - we have created a series of information material which is available for download at www.nilan.dk.



Brochure

General information about the solution and its benefits.



Product data

Technical information to ensure correct choice of solution.



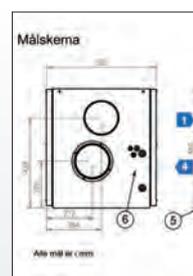
Installation instructions

Detailed guide for installation and initial adjustment of the solution.



User manual

Detailed guide for regulation of the solution to ensure optimum day-to-day operation.



Drawings

Tender documents and 3D drawings are available to download for planning purposes.

WWW.NILAN.DK

Visit us at www.nilan.dk to find out more about our company and solutions, download further information and find your nearest dealer.



Nilan A/S
Nilanvej 2
8722 Hedensted
Denmark
Tel. +45 76 75 25 00
Fax +45 76 75 25 25
nilan@nilan.dk
www.nilan.dk

8.7 ANEXO 8. DATOS TÉCNICOS DE BOMBA DE CALOR



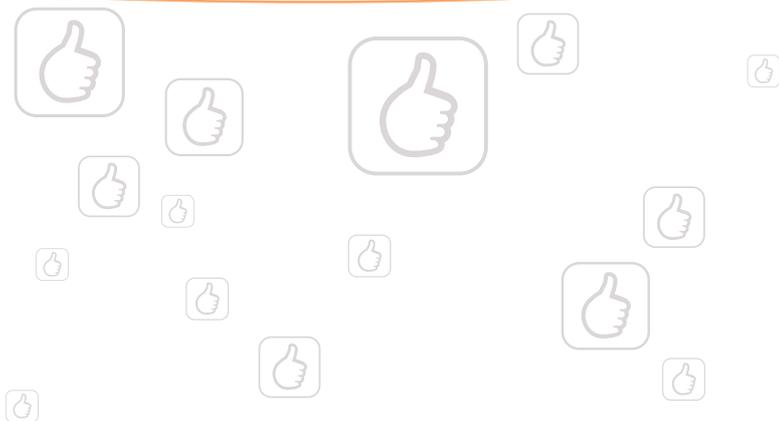
AQUAREA ALTA CONECTIVIDAD BIBLOC
MONOFÁSICA CALOR Y FRÍO
MONOFÁSICA Y TRIFÁSICA - SDC

KIT-WC16F6E5

- NUEVO! Control con nuevas funciones (control de consumo...)
- Control eficiente de la temperatura del ambiente con Aquarea Manager
- Control opcional desde Smartphone
- Gama de 7 a 16kW, Monofásica y Trifásica
- Temperatura máxima de salida del hidrokít: 55°C
- Trabaja hasta -20°C de temp. exterior
- Máximo 30m de desnivel entre unidad exterior y hidrokít
- Rango funcionamiento en frío 5–20°C

Capacidad Calefacción a +7°C		kW	16,00
COP a +7 °C con impulsión de agua a 35 °C			4,28
Capacidad calorífica a +2 °C con impulsión de agua a 35 °C		kW	13,00
COP a +2 °C con impulsión de agua a 35 °C			3,28
Capacidad Calefacción a -7°C		kW	11,40
COP a -7°C			2,68
Capacidad Refrigeración a 35°C		kW	12,20
EER a 35 °C con impulsión de agua a 7/12 °C			2,56
Clasificación Eficiencia Energética a 35 °C			A++
Clasificación Eficiencia Energética a 55 °C			A++
Dimensiones u. interior	Al x An x Pr	mm	892 x 502 x 353
Peso u. interior		kg	46
Presión sonora u. exterior		dB(A)	53
Dimensiones u. exterior	Al x An x Pr	mm	1.340 x 900 x 320
Peso u. exterior		kg	101
Longitud de tuberías		m	3 / 30
Rango de operación	Temp. Exterior	°C	-20 / +35

8.8 ANEXO 9. DATOS TÉCNICOS DE PANELES SOLARES



ptimum *nueva gama*



Módulo solar **A-xxxP GSE**

- **Optimice sus instalaciones.**
- **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento.



Un sistema único
en el mercado,
patentado por
Atersa.



Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:

→ www.atersa.com

Módulos fotovoltaicos para el futuro



**A-xxxP GSE** (xxx = potencia nominal)**Características eléctricas**

Potencia Máxima (Pmax)	230 W	240 W	250 W	260 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	30.51 V	30.88 V	31.26 V	31.62 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	7.56 A	7.80 A	8.02 A	8.28 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	36.83 V	37.76 V	38.68 V	39.60 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	7.96 A	8.21 A	8.37 A	8.67 A
Eficiencia del Módulo (%)	14.11	14.73	15.34	15.95
Tolerancia de Potencia (W)		0/+5		
Máxima Serie de Fusibles (A)		15		
Máxima Tensión del Sistema		DC 1000 V (IEC) / DC 600 V (UL)		
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)		46±3		

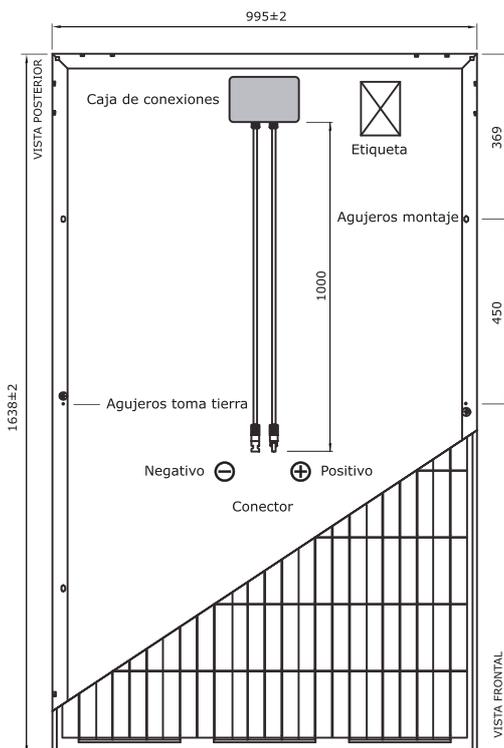
Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

Especificaciones mecánicas

Dimensiones	1638x995x40 mm
Peso	18.7 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

Materiales de construcción

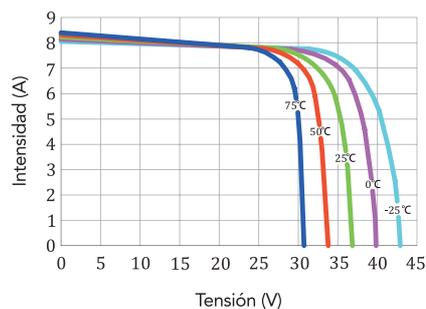
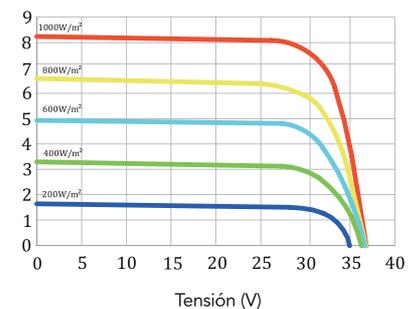
Cubierta frontal (material/tipo/espesor)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	60 células (6x10)/Policristalina/156 x 156 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (grado de protección)	IP65
Cable (longitud/sección) / Connector	1000 mm./4 mm ² /Compatible MC4

Vista genérica construcción módulo**Características de temperatura**

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.07% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.33% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.43% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 a +85 °C

Embalaje

Módulos/palé	26 pzas
Palés/contenedor 40'	28 pzas
Módulos/contenedor 40'	728 pzas

Temperatura Varía**Irradiación Varía**

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

➔ www.atera.com • atera@elecnor.com

Madrid (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430 • Italia +39 335 250 781

Revisado: 03/12/13
Ref.: MU-6P 6x10-GSE-A
© Atersa SL, 2013



8.9 ANEXO 10. PRESUPUESTO

Presupuesto

Código	Nat	Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
01	Capítulo		AISLAMIENTO	1	4.498,56	4.498,56
01.01	Partida	M2	<p>AISLAMIENTO ROCKSATE DUE</p> <p>m2 Panel rígido de lana de roca volcánica de doble densidad (150 kg/m³ en la capa superior y 80 kg/m³ en la capa inferior), no revestido, Rocksate Duo "ROCKWOOL", de 50 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,35 m²K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, de aplicación como aislante térmico y acústico en sistemas compuestos de aislamiento por el exterior de fachadas.</p>	172,27	18,58	3.200,78
01.02	Partida	M2	<p>AISLAMIENTO IBR CUBIERTA ISOVER</p> <p>m2 Manta ligera de lana de vidrio, IBR "ISOVER", revestida por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor, de 100 mm de espesor, resistencia térmica 2,5 m²K/W, conductividad térmica 0,04 W/(mK), según UNE-EN 13162.</p>	87,25	7,67	669,21
01.03	Partida	M2	<p>AISLAMIENTO FORJADO ALPHAROCK E-225</p> <p>m2 Panel rígido de lana de roca volcánica Alpharock -E- 225 "ROCKWOOL", según UNE-EN 13162, no revestido, de 30 mm de espesor, resistencia térmica 0,85 m²K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK), densidad 70 kg/m³, calor específico 840 J/kgK y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua 1,3.</p>	62,92	9,99	628,57
			01	1	4.498,56	4.498,56
02	Capítulo		CARPINTERÍA	1	1.416,50	1.416,50
02.01	Partida	M2	<p>DESMONTAJE DE DOBLE ACRISTALAMIENTO</p> <p>Desmontaje de doble acristalamiento de 4+6+4 mm fijado sobre carpintería, con medios manuales, y carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor.</p>	25,06	4,54	113,77
02.02	Partida	UD	<p>COLOCACIÓN DE DOBLE ACRISTALAMIENTO</p> <p>Ud Doble acristalamiento templado, de baja emisividad térmica, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica de 4 mm, cámara de gas deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, rellena de gas argón y vidrio interior templado, de color azul de 6 mm de espesor.</p>	11,00	118,43	1.302,73
			02	1	1.416,50	1.416,50
03	Capítulo		VENTILACIÓN	1	23.344,73	23.344,73

03.01	Partida	UD	VENTILADOR PARA TEJADO	1,00	1.159,93	1.159,93
			Ud Ventilador helicoidal para tejado, con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, cuerpo y sombrerete de aluminio, base de acero galvanizado y motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, protección IP 65, de 840 r.p.m., caudal máximo 5500 m ³ /h, nivel de presión sonora 63 dBA, con malla de protección contra la entrada de hojas y pájaros, para conducto de admisión de 300 mm de diámetro.			
03.02	Partida	UD	VENTILADOR PARA TEJADO	1,00	1.096,82	1.096,82
			Ud Ventilador helicoidal para tejado, con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, cuerpo y sombrerete de aluminio, base de acero galvanizado y motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, protección IP 65, de 835 r.p.m., caudal máximo 3900 m ³ /h, nivel de presión sonora 52 dBA, con malla de protección contra la entrada de hojas y pájaros, para conducto de extracción de 300 mm de diámetro.			
03.03	Partida	UD	FALSO TECHO REGISTRABLE	335,11	54,90	18.397,54
			Ud Falso techo registrable, situado a una altura menor de 4 m, acústico formado por placas perforadas de yeso laminado, con borde para perfilera oculta, de 600x600x12,5 mm, con perfilera oculta.			
03.04	Partida	M	CONDUCTO DE VENTILACIÓN	36,20	12,42	449,60
			m Conducto semirrígido de chapa de aluminio, de 60,80,100 y 125 mm de diámetro, para instalación de ventilación.			
03.05	Partida	M	CONDUCTO DE VENTILACIÓN	7,40	16,18	119,73
			m Conducto semirrígido de chapa de aluminio, de 140, 150 y 160 mm de diámetro, para instalación de ventilación.			
03.06	Partida	M	CONDUCTO DE VENTILACIÓN	19,60	19,91	390,24
			m Conducto semirrígido de chapa de aluminio, de 180 y 200 mm de diámetro, para instalación de ventilación.			
03.07	Partida	UD	RECUPERADOR DE CALOR	1,00	841,15	841,15

			Ud Recuperador de calor, con intercambiador de flujo cruzado, caudal máximo 380 m ³ /h, de 1000*508*560 mm, compuesto por 2 ventiladores centrífugos con motores para alimentación monofásica, intercambiador, caja exterior de polipropileno expandido, filtros, terminal para evacuación de condensados y caja de bornes, con cinco bocas de entrada de aire interior, cuatro para conexión a conductos de extracción de 200 mm de diámetro y una para conexión a conducto de extracción de 160 mm de diámetro, boca de salida de aire interior de 200 mm de diámetro, boca de entrada de aire nuevo de 160 mm de diámetro y boca de salida de aire nuevo de 160 mm de diámetro.			
03.08	Partida	UD	REJILLAS PARA VENTILADORES	13	68,44	889,72
			Ud Rejilla de aluminio anodizado, con lamas horizontales fijas de aluminio extruido, salida de aire perpendicular a la rejilla, color natural, para conducto de admisión o extracción, de 125 mm de diámetro.,			
			03	1	23.344,73	23.344,73
04	Capítulo		CALEFACCIÓN	1	7.025,15	7.025,15
04.01	Partida	UD	DEMONTAJE DE EQUIPO	1,00	116,43	116,43
			Ud Desmontaje de equipo mixto de calefacción y producción de A.C.S. formado por caldera convencional de gas natural, doméstica, mural, de 24 kW de potencia calorífica máxima, y soportes de fijación, con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.			
04.02	Partida	UD	BOMBA DE CALOR 9KW	1,00	6.908,72	6.908,72
			Ud Equipo aire-agua para producción de A.C.S., calefacción y refrigeración, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia calorífica 9 kW y COP 4,13 con temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C y temperatura de salida del agua 45°C, formado por una unidad interior de 1340*900*360mm, peso 46 kg, con depósito de A.C.S. de 270 litros y bomba de circulación, y una unidad exterior aire-agua con compresor de tipo rotativo, de 892*502*353mm, peso 56 kg, nivel sonoro 53 dBA.			
			04	1	7.025,15	7.025,15
05	Capítulo		PANELES FOTOVOLTAICOS	1	5.155,08	5.155,08
05.01	Partida	UD	PANEL FOTOVOLTAICO	24,00	209,09	5.018,16

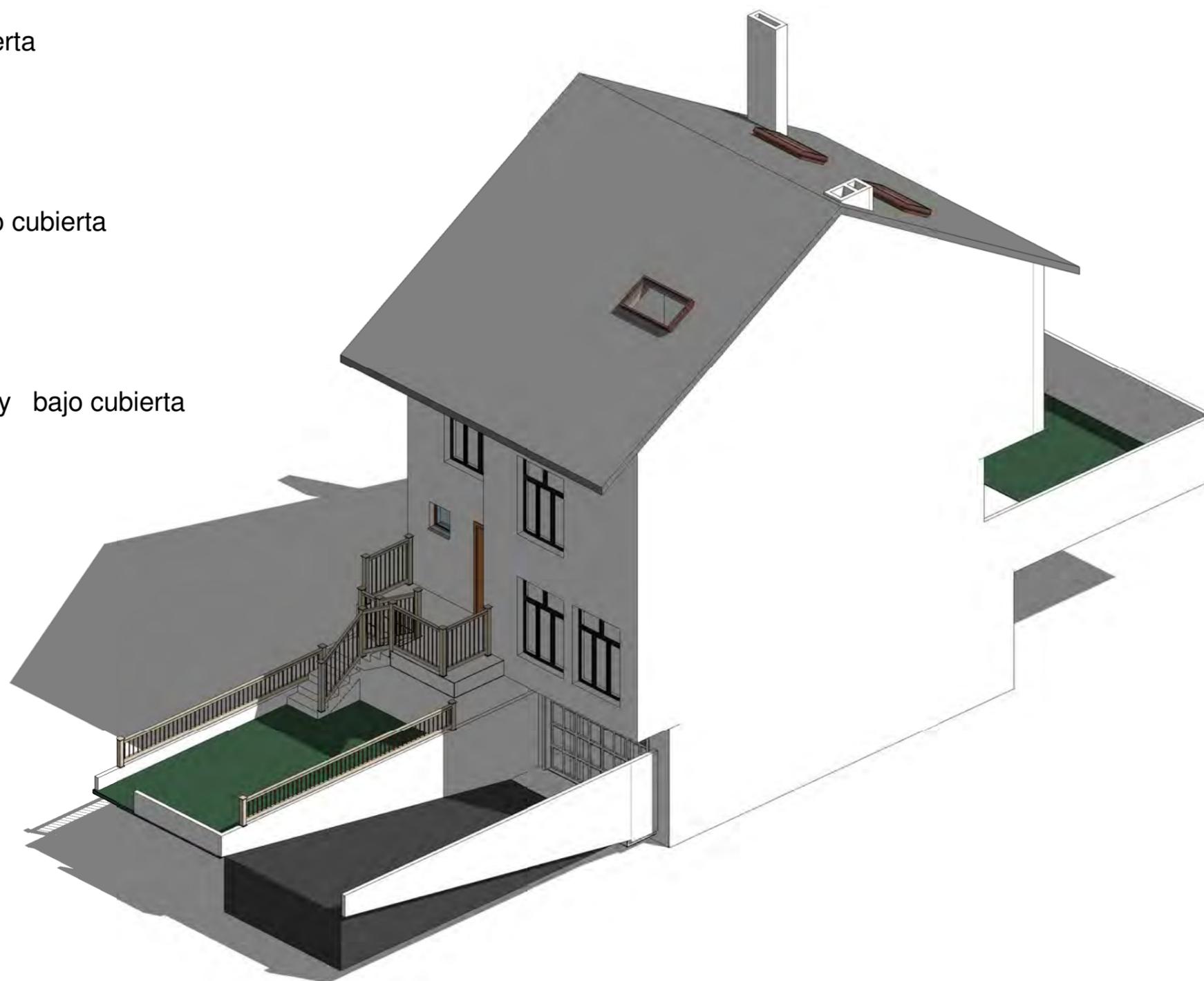
Ud Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, para integración arquitectónica en fachada de edificio, potencia máxima (Wp) 240 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 30,8 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 5,24 A, intensidad de cortocircuito (Isc) 5,72 A, tensión en circuito abierto (Voc) 25,2 V, eficiencia 15%, 42 células, vidrio exterior templado de 5 mm de espesor, capa adhesiva doble de PVB, vidrio posterior templado de 5 mm de espesor, temperatura de trabajo -40°C hasta 80°C, coeficiente de transferencia de calor 4,5 W/m²K, reducción de ruido 15 dB, transmitancia térmica 25%, transparencia 32%, dimensiones 1638x995x40 mm, altura máxima de instalación 80 m, resistencia a la carga del viento 287 kg/m², peso 18,7 kg, vidrio transparente, con caja de conexiones.

05.02	Partida	UD	INVERSOR PARA CONEXIÓN A RED	1,00	136,92	136,92
			Inversor monofásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 2300 W, voltaje de entrada máximo 600 Vcc, potencia nominal de salida 1800 W, potencia máxima de salida 1980 VA, eficiencia máxima 97%, rango de voltaje de entrada de 100 a 550 Vcc, dimensiones 545x290x185 mm, con carcasa de aluminio para su instalación en interior o exterior, interruptor de corriente continua, pantalla gráfica LCD, puertos RS-485 y Ethernet, regulador digital de corriente sinusoidal, preparado para instalación en carril.			
			05	1	5.155,08	5.155,08
			PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL	1	41.440,02	41.440,02
				BI	7%	2.900,80
				GGE	18%	7.459,20
			PRESUPUESTO DE CONTRATA			51.800,03
				IVA	21%	10.878,01
						62.678,03

8.11 ANEXO 12. PLANOS

LISTADO DE PLANOS

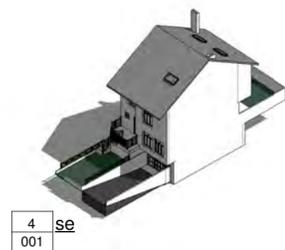
- 000 Carátula
- 001 Emplazamiento
- 002 Plano de cotas - Sótano
- 003 Plano de cotas - Planta baja
- 004 Plano de cotas - Primera planta y bajo cubierta
- 005 Alzados - Norte y Sur
- 006 Alzados - Oeste
- 007 Alzados - Este
- 008 Plano de distribución - Sótano
- 009 Plano de distribución - Planta baja
- 010 Plano de distribución - Primera planta y bajo cubierta
- 011 Sección 01
- 012 Sección 03
- 013 Memoria de carpintería
- 014 Instalaciones de calefacción - Sótano
- 015 Instalaciones de calefacción - Planta baja
- 016 Instalaciones de calefacción - Primera planta y bajo cubierta



LOCALIZACIÓN: Rúa Democracia 30, Culleredo 15174 (A Coruña)

USO: Residencial

Año de construcción: 1998



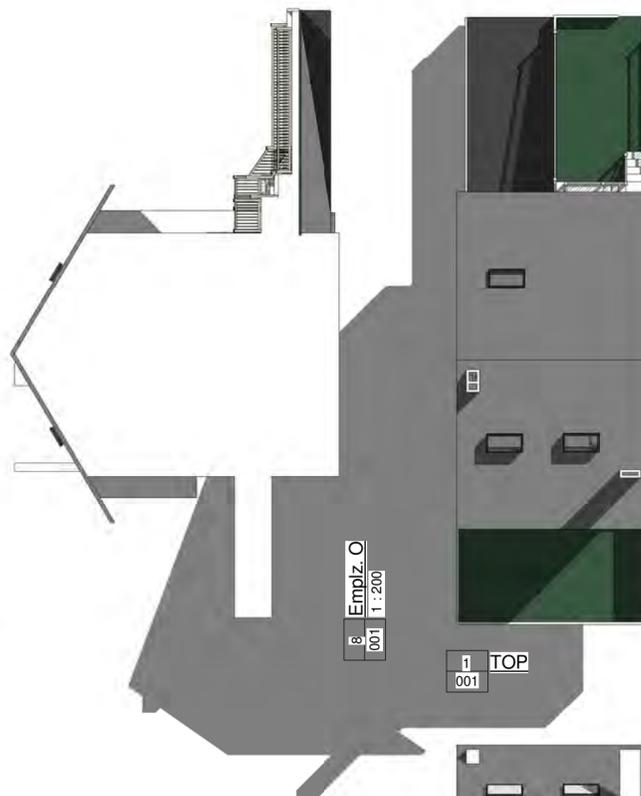
4 se
001



9 Emplz. SUR
001 1:200

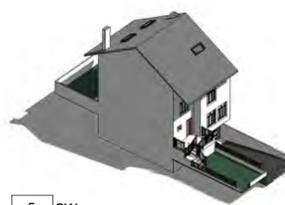


2 ne
001

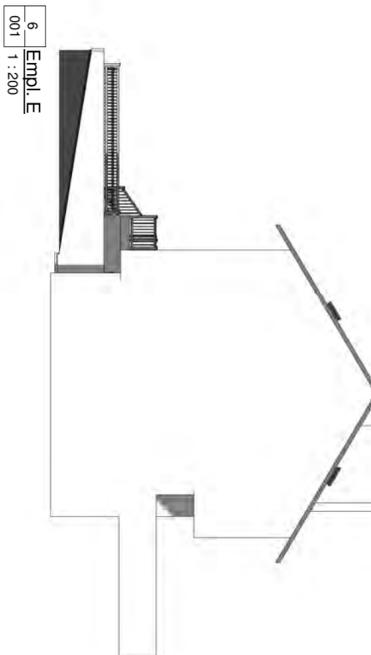


8 Emplz. O
001 1:200

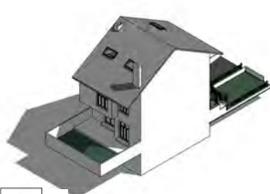
1 TOP
001



5 sw
001



6 Emplz. E
001 1:200



3 nw
001



7 Emplz. N
001 1:200

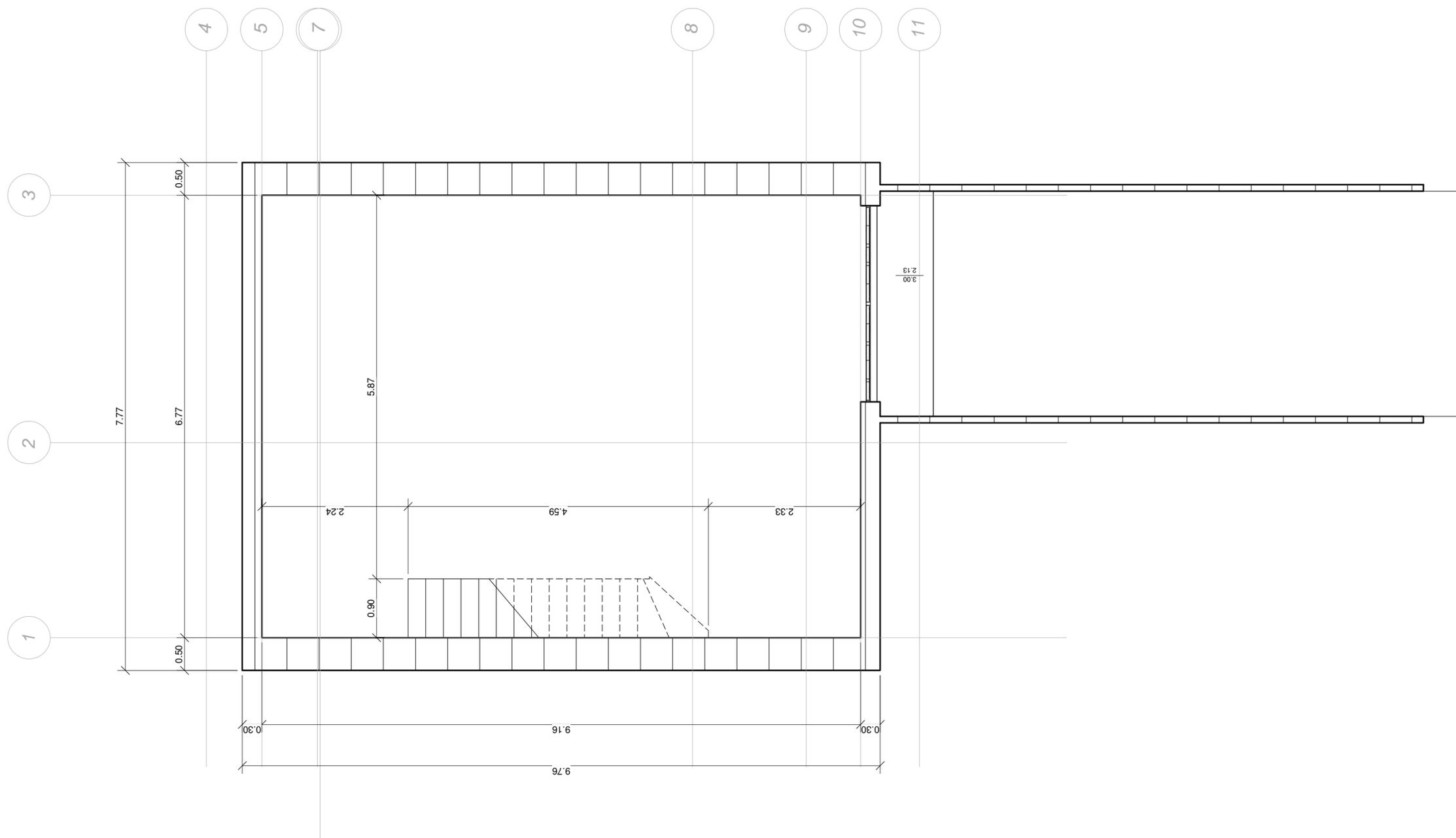


Área construida bruta	
Level	Area
Planta Baja	76.46
Primera Planta	83.82
Bajo Cubierta	83.82
Sótano	75.81
	319.91



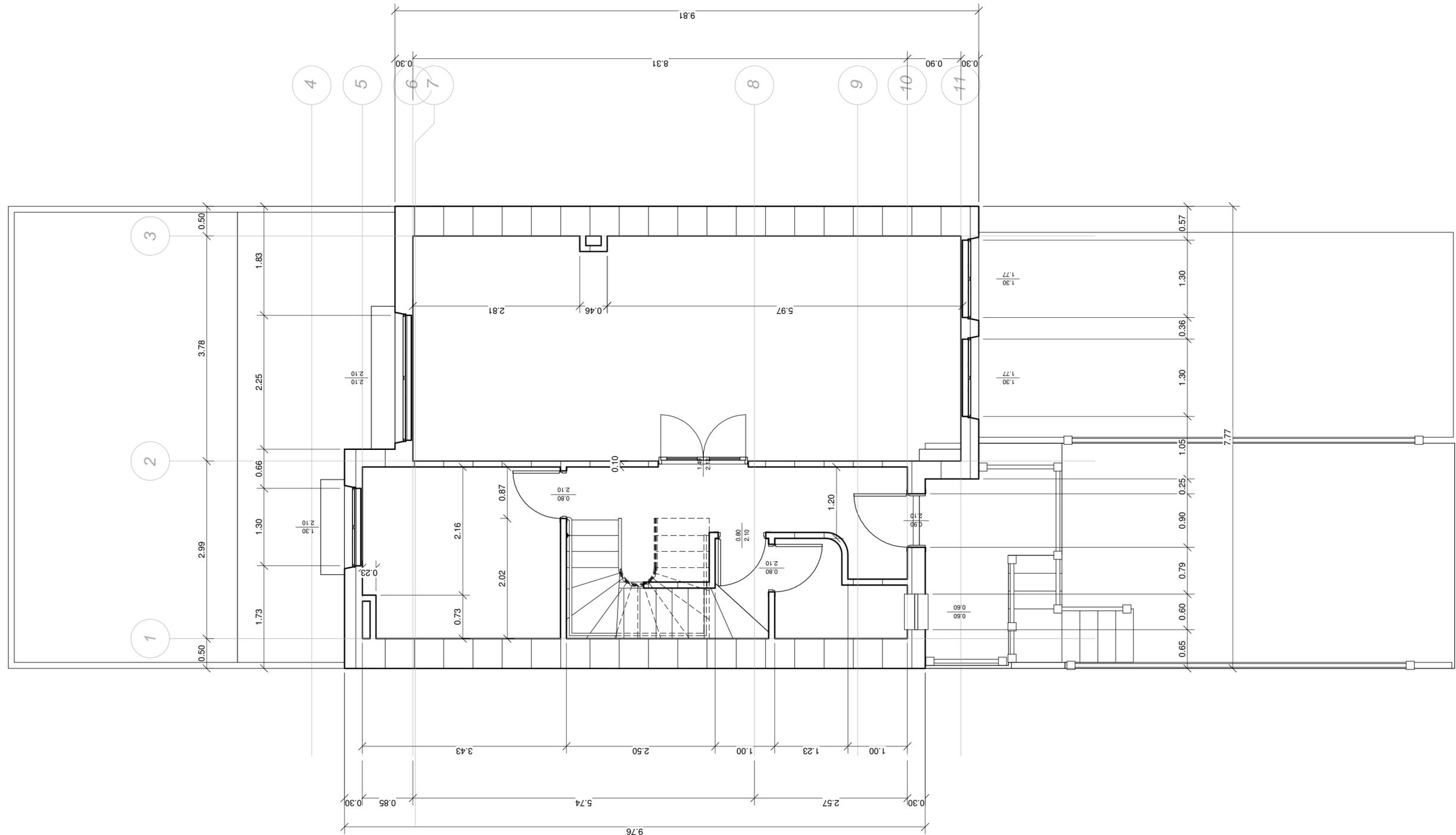
001 - Emplazamiento





002 - Plano de cotas - Sótano

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ENERO 2016	Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca	
	<table border="0"> <tr> <td> Autora: CRISTINA FERREIRO CASTRO </td> <td> Tutores: GUMERSINDA SEÁRA PAZ JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ </td> </tr> </table>	Autora: CRISTINA FERREIRO CASTRO
Autora: CRISTINA FERREIRO CASTRO	Tutores: GUMERSINDA SEÁRA PAZ JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ	
 Escala: 1 : 50		
		



003 - Plano de cotas - Planta Baja



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

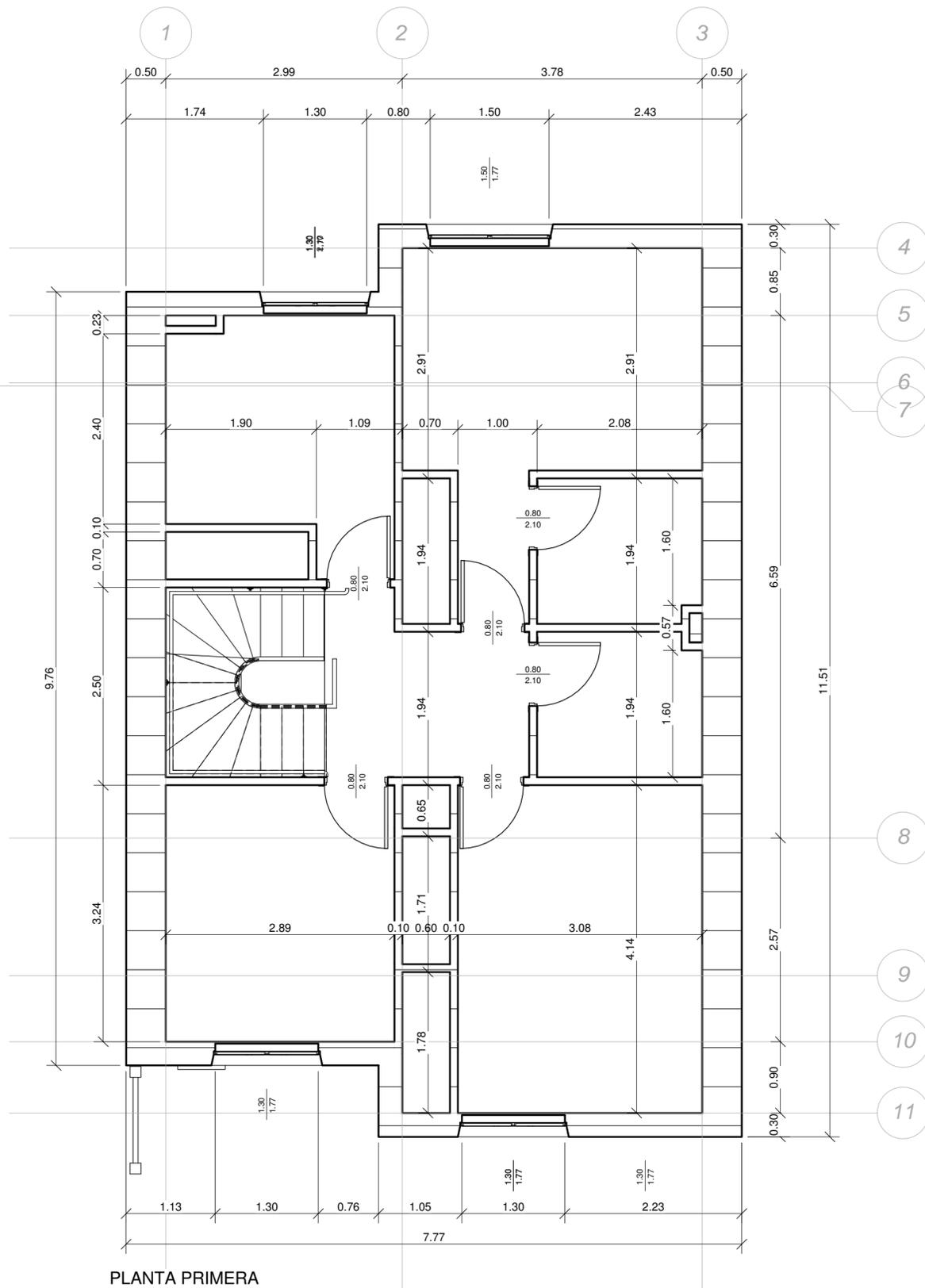
Tutores:

GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ

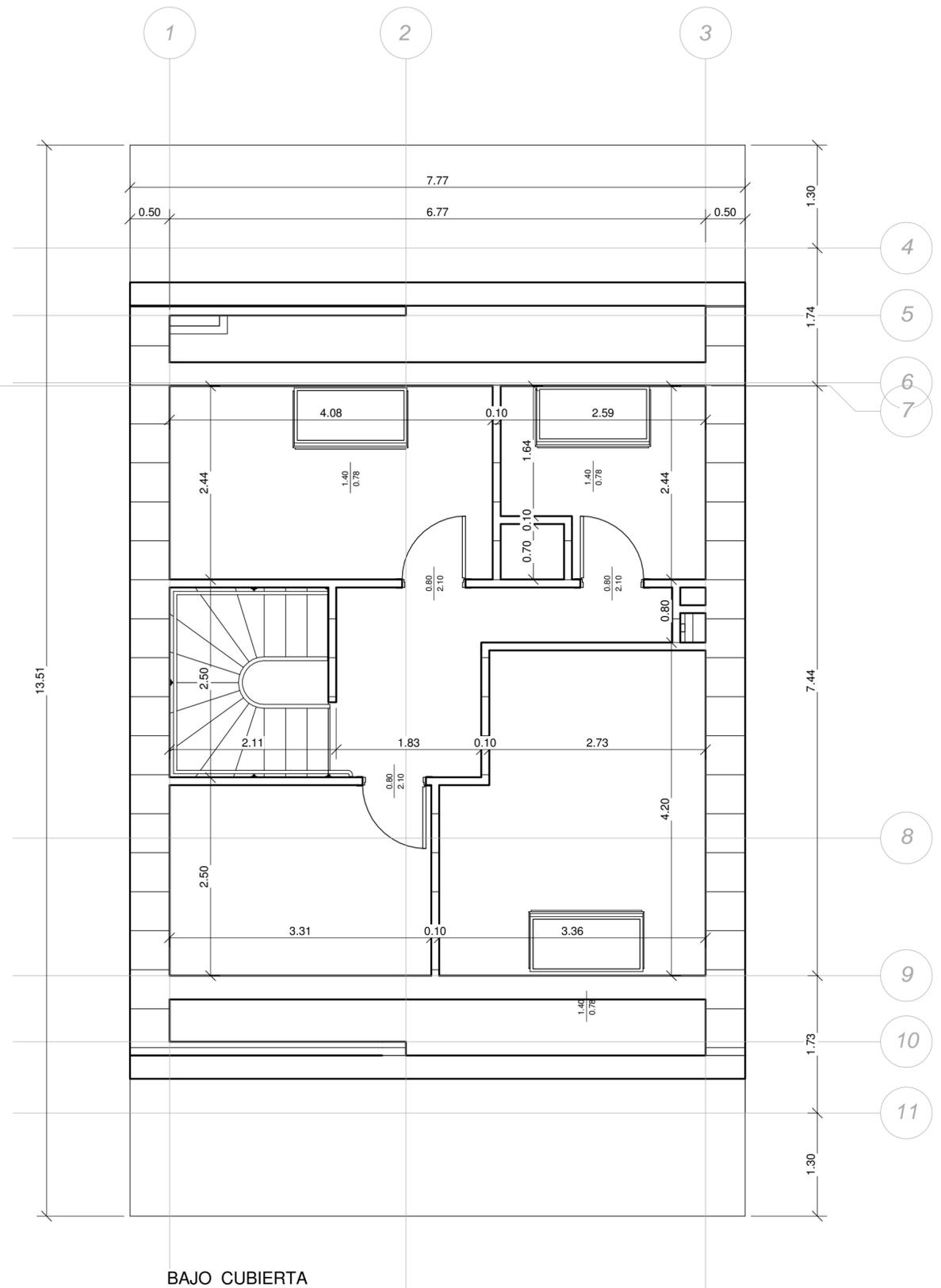


Escala: 1 : 50





PLANTA PRIMERA



BAJO CUBIERTA

004 - Plano de cotas - Planta primera - Bajo cubierta



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

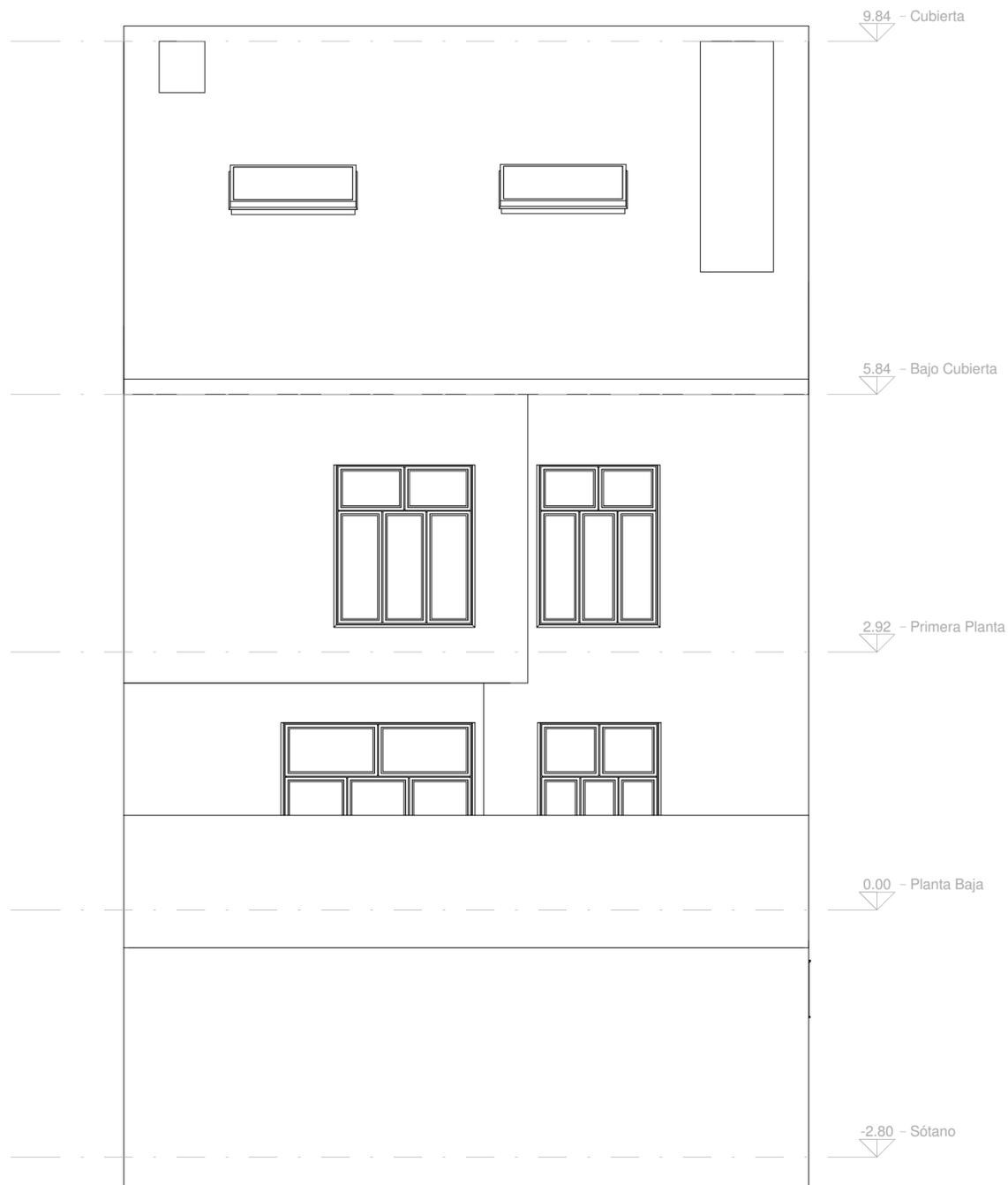
Tutores:

GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ



Escala: 1 : 50





ALZADO NORTE



ALZADO SUR

005 - Alzado - Norte y Sur



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

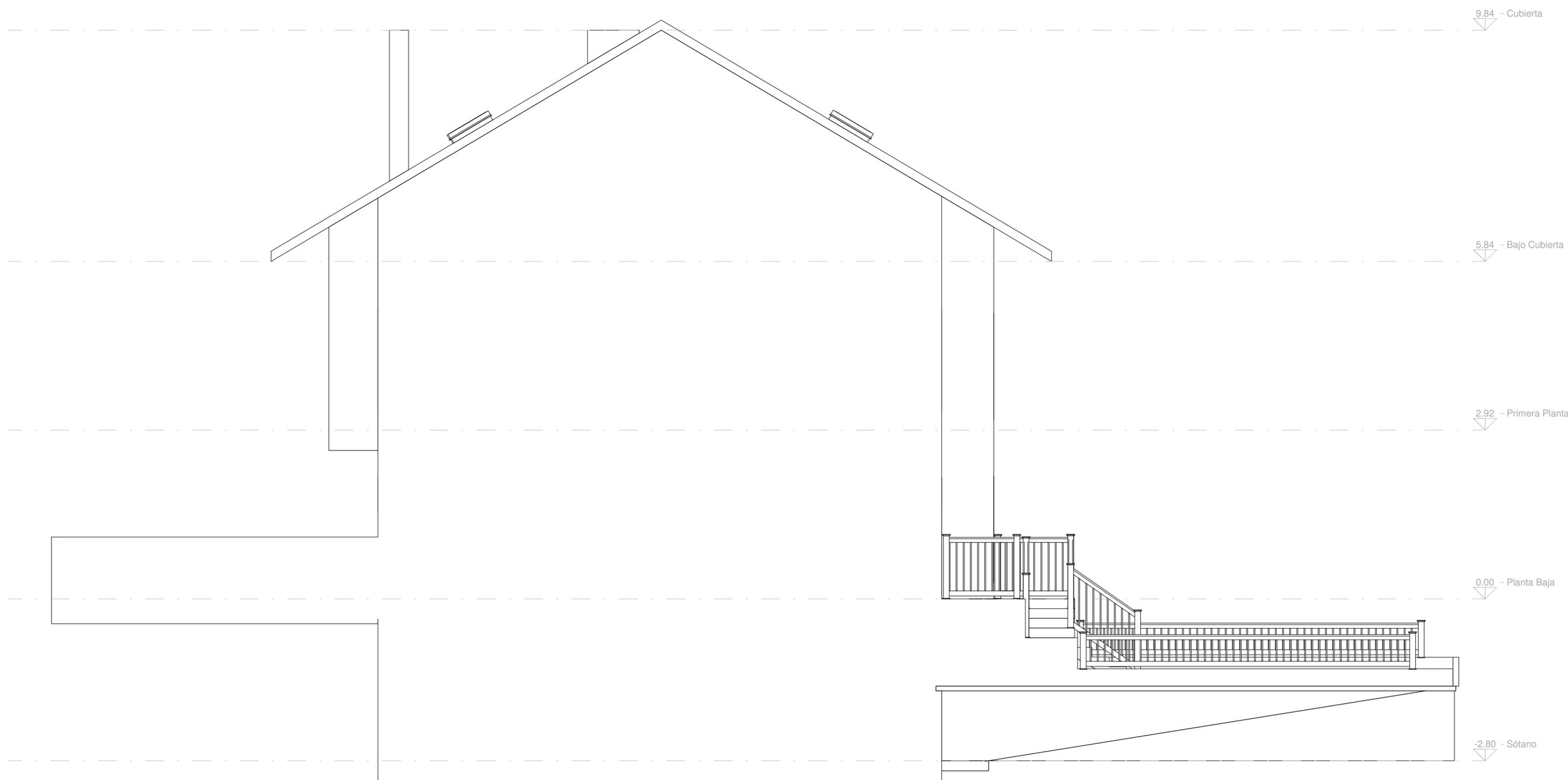
Tutores:

GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ



Escala: 1 : 50





006 - Alzado Oeste



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

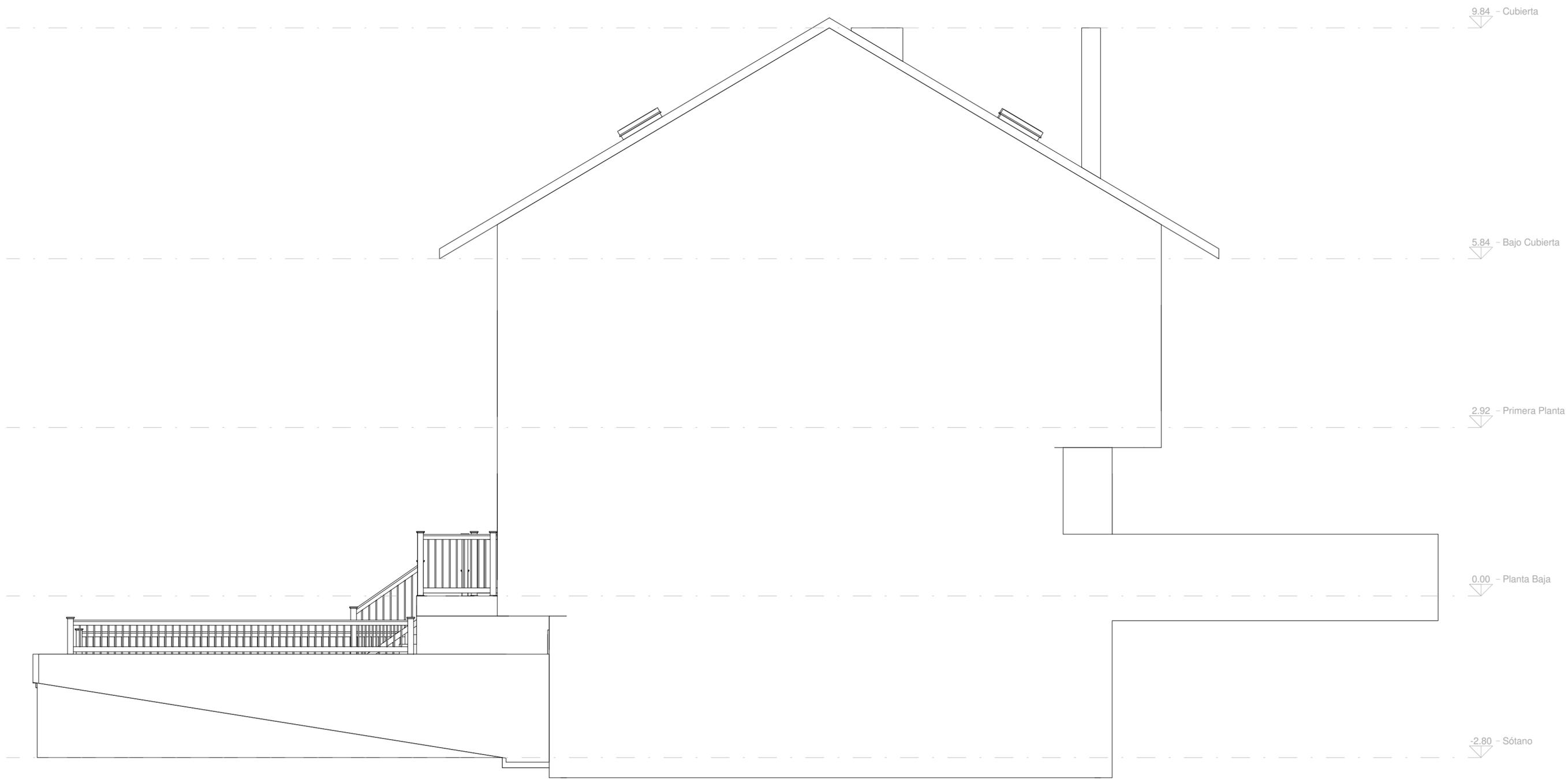
Tutores:

GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ



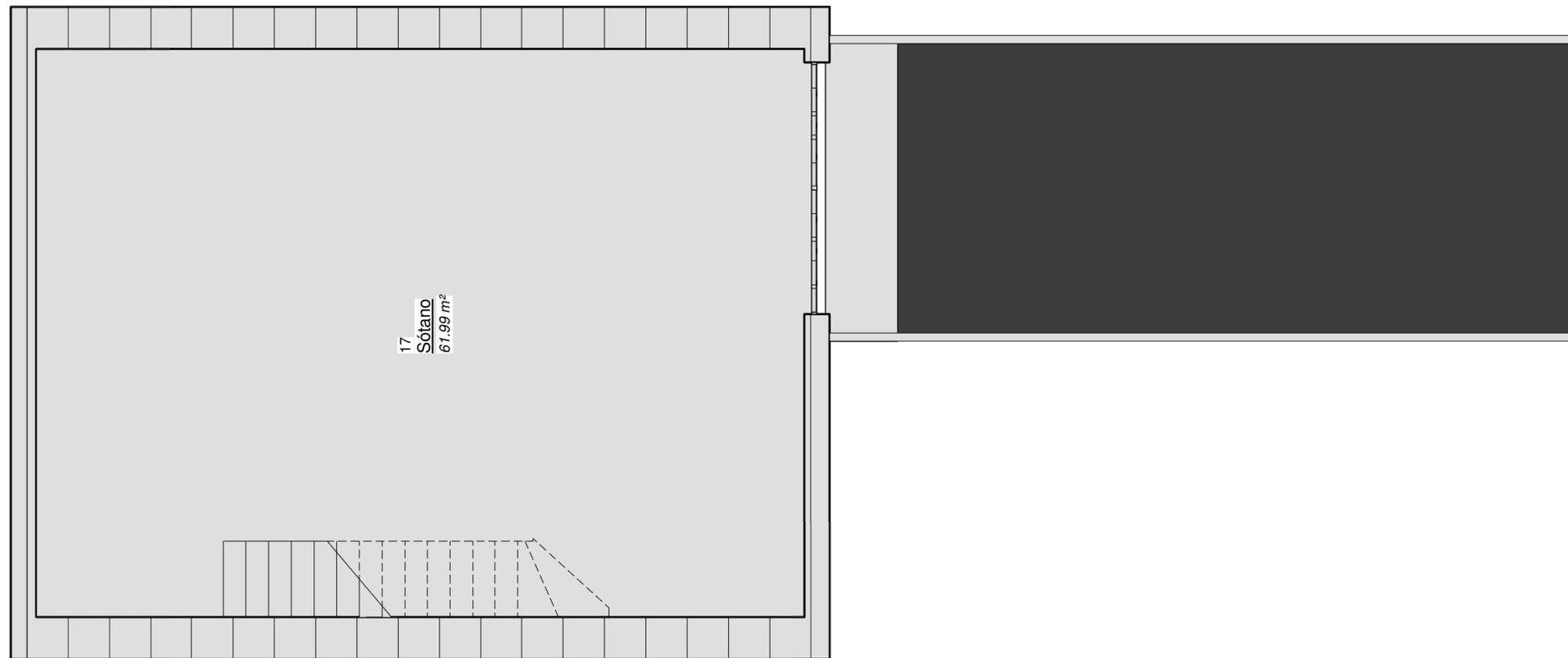
Escala: 1 : 50





007 - Alzado - Este

 <p>UNIVERSIDADE DA CORUÑA ENERO 2016</p>	<p>Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca</p>	
<p>Autora: CRISTINA FERREIRO CASTRO</p>	<p>Tutores: GUMERSINDA SEÁRA PAZ JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ</p>	 <p>Escala: 1 : 50</p> 



008 - Plano de distribución - Sótano

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

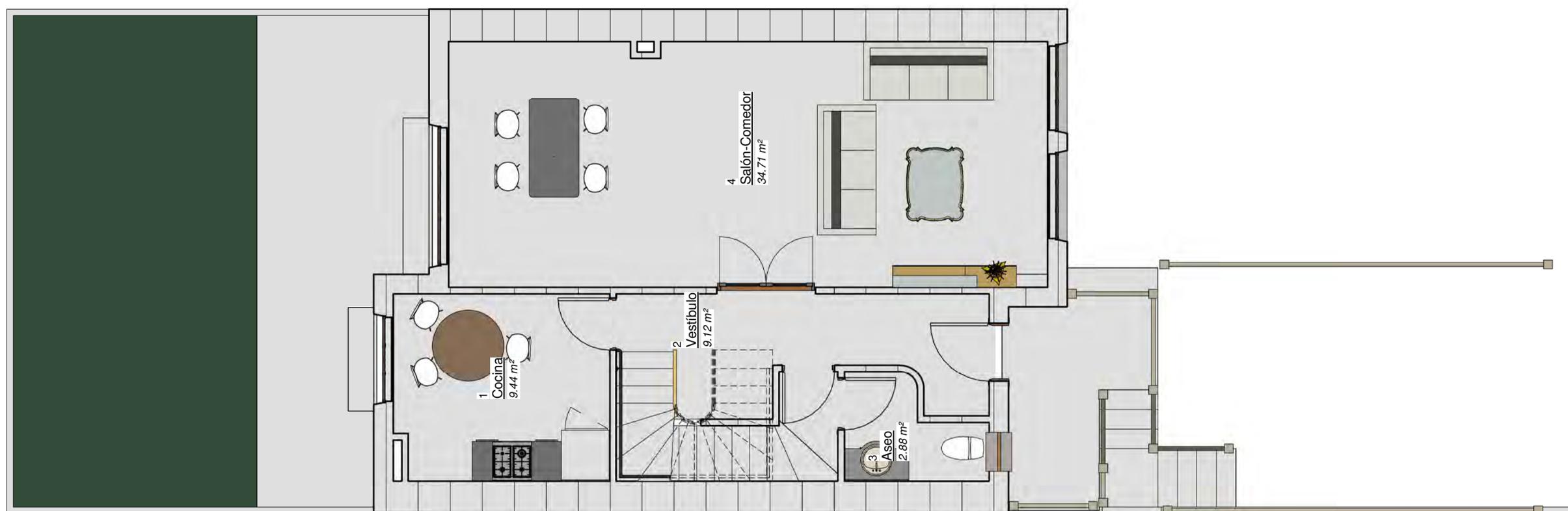
Autora:
CRISTINA FERREIRO CASTRO

Tutores:
GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ



Escala: 1 : 50





1 PD.01PB
009 1 : 50

009 - Plano de distribución - Planta baja



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

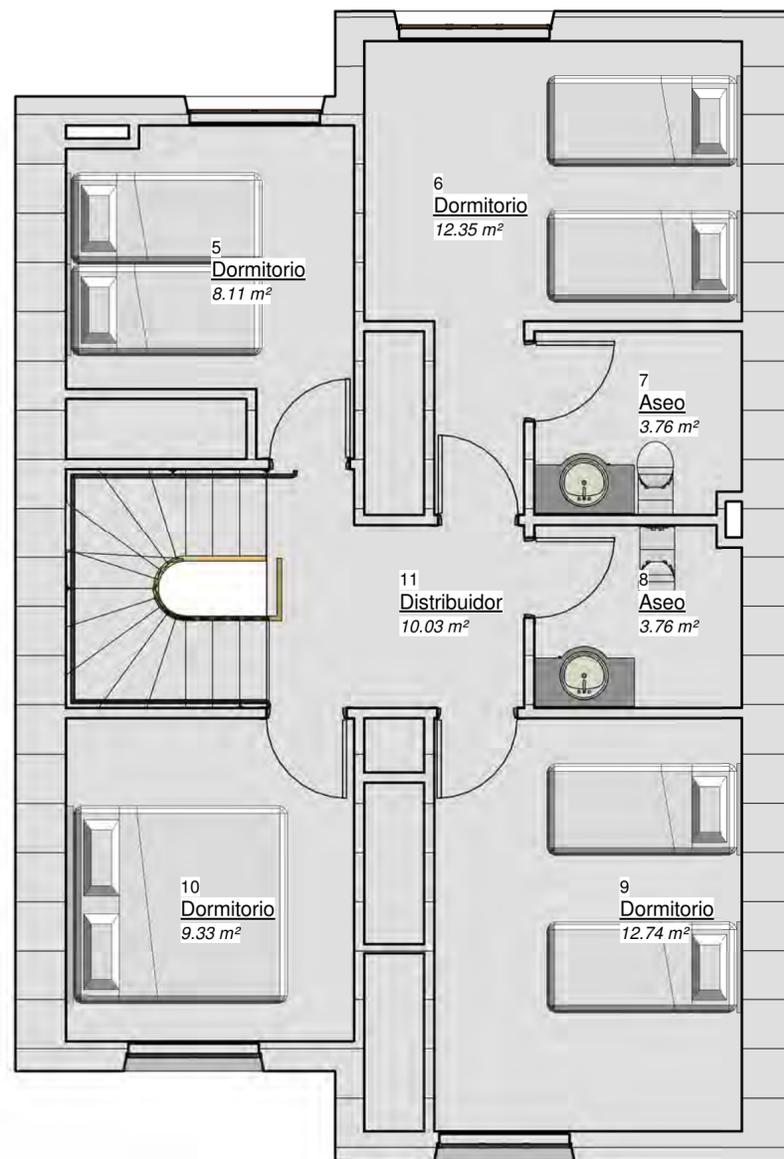
Tutores:

GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ

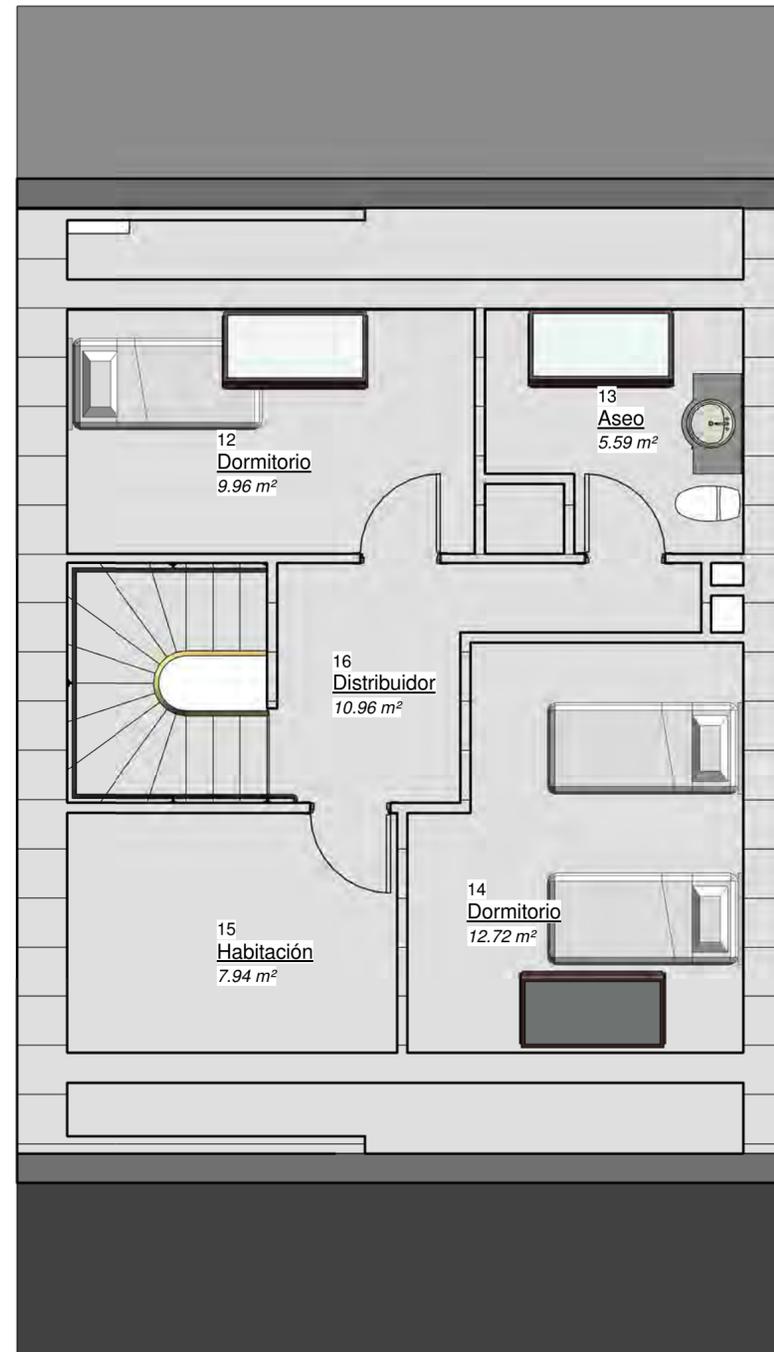


Escala: 1 : 50





PLANTA PRIMERA



BAJO CUBIERTA

Tabla de planificación de...

Nombre	Área
Sótano	
Sótano	61.99
	61.99
Planta Baja	
Cocina	9.44
Vestíbulo	9.12
Aseo	2.88
Salón-Comedor	34.71
	56.15
Primera Planta	
Dormitorio	8.11
Dormitorio	12.35
Aseo	3.76
Aseo	3.76
Dormitorio	12.74
Dormitorio	9.33
Distribuidor	10.03
	60.08
Bajo Cubierta	
Dormitorio	9.96
Aseo	5.59
Dormitorio	12.72
Habitación	7.94
Distribuidor	10.96
	47.16
	225.38

010 - Plano de distribución - Primera planta y Bajo Cubierta



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

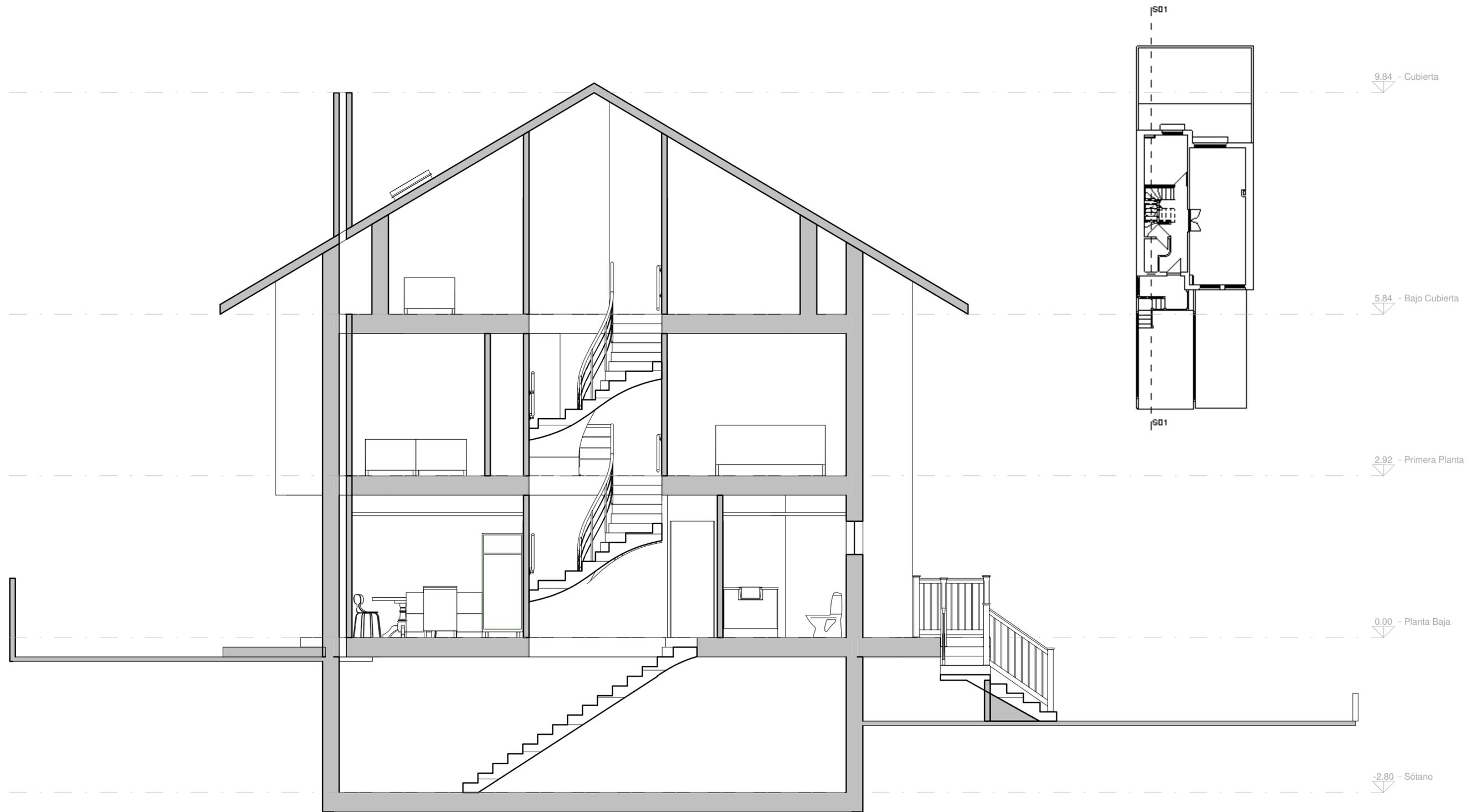
Tutores:

GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ



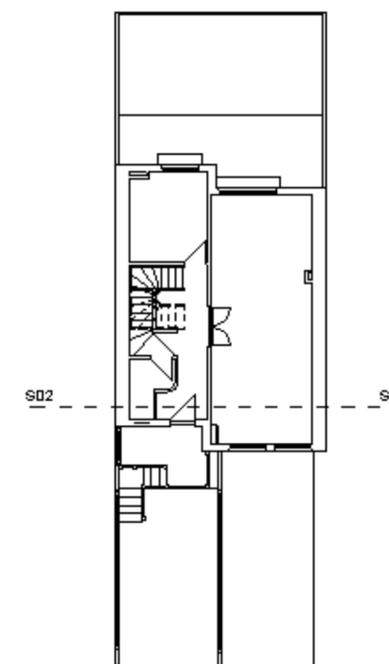
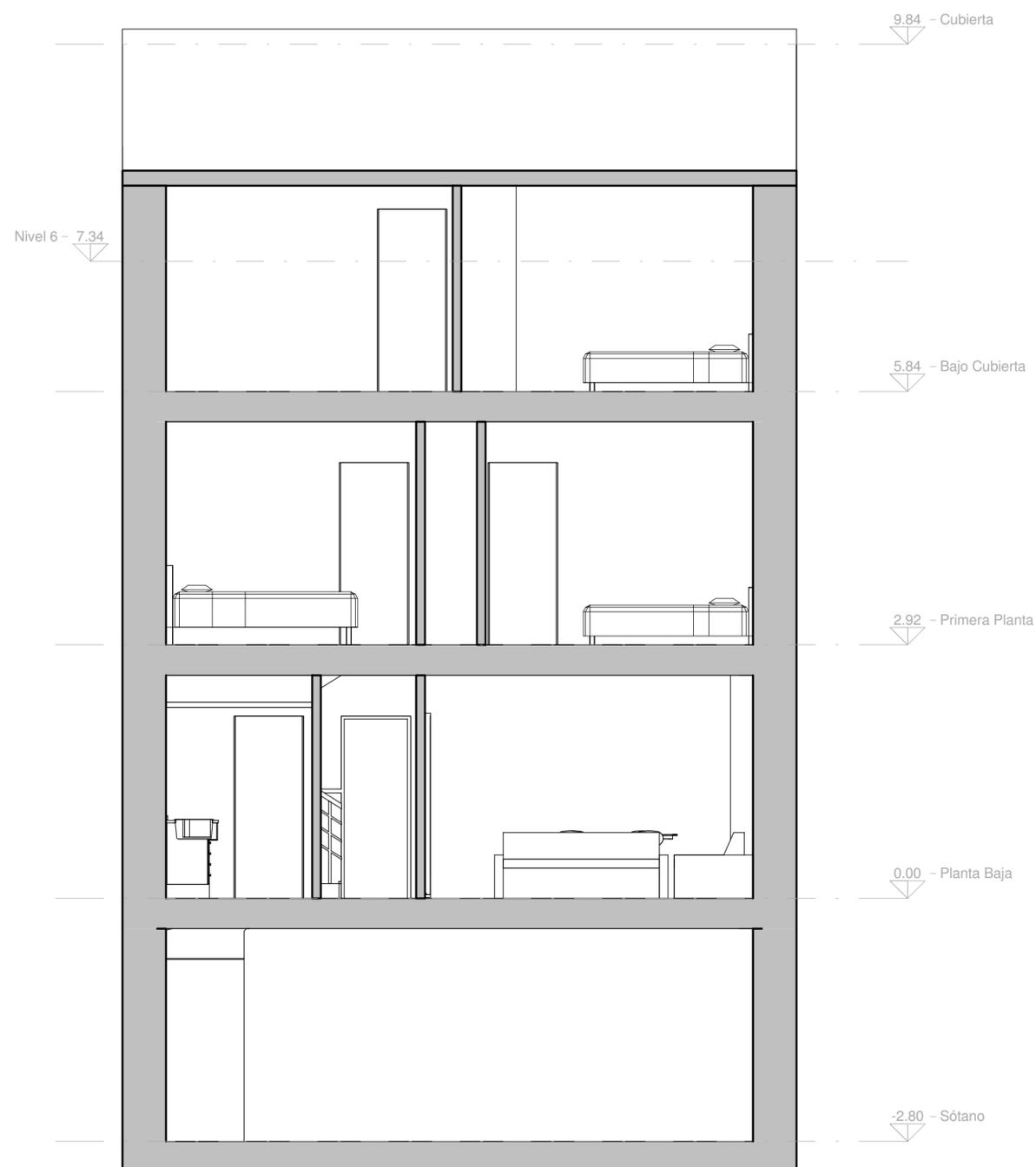
Escala: 1 : 50





011 - Seccion 01





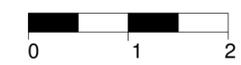
012 - Sección 02

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:
CRISTINA FERREIRO CASTRO

Tutores:
GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ


Escala: 1 : 50



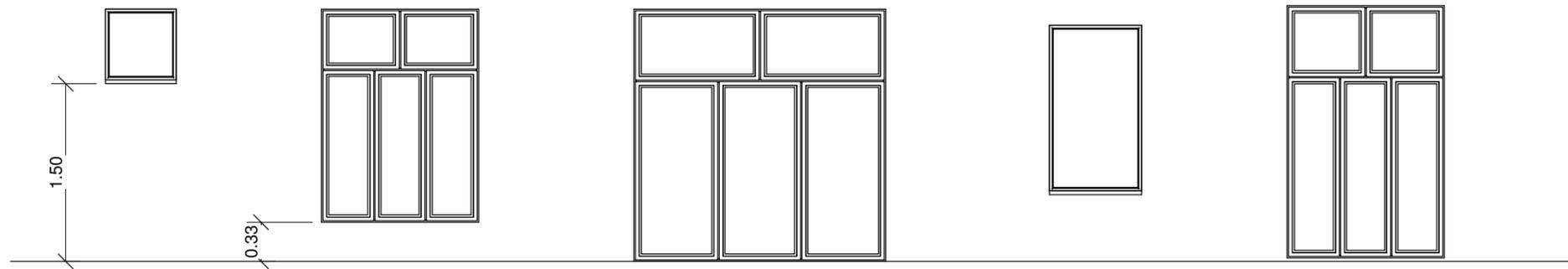


Tabla de planificación de puertas	
Type	Total

P.0	1
P.1	1
P.2	1
P.3	12

Total general: 15



V.1

V.2

V.3

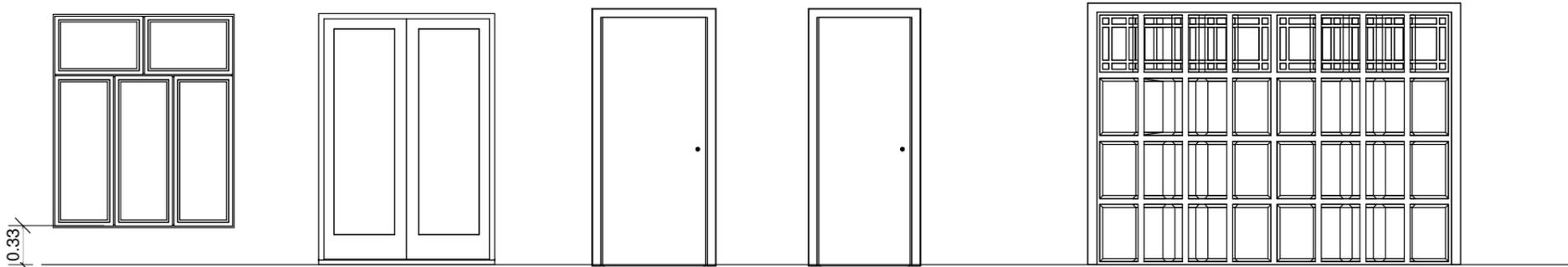
V.4

V.5

Tabla de planificación de ventanas			
Type	Width	Height	Count

v1	0.60	0.60	1
v2	1.30	1.77	5
v3	2.10	2.10	1
v5 a	1.30	2.10	1
v6	1.50	1.77	1
v.4	1.40	0.78	3

12



V.6

P.1

P.2

P.3

P.0

013 - Memoria de carpintería



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

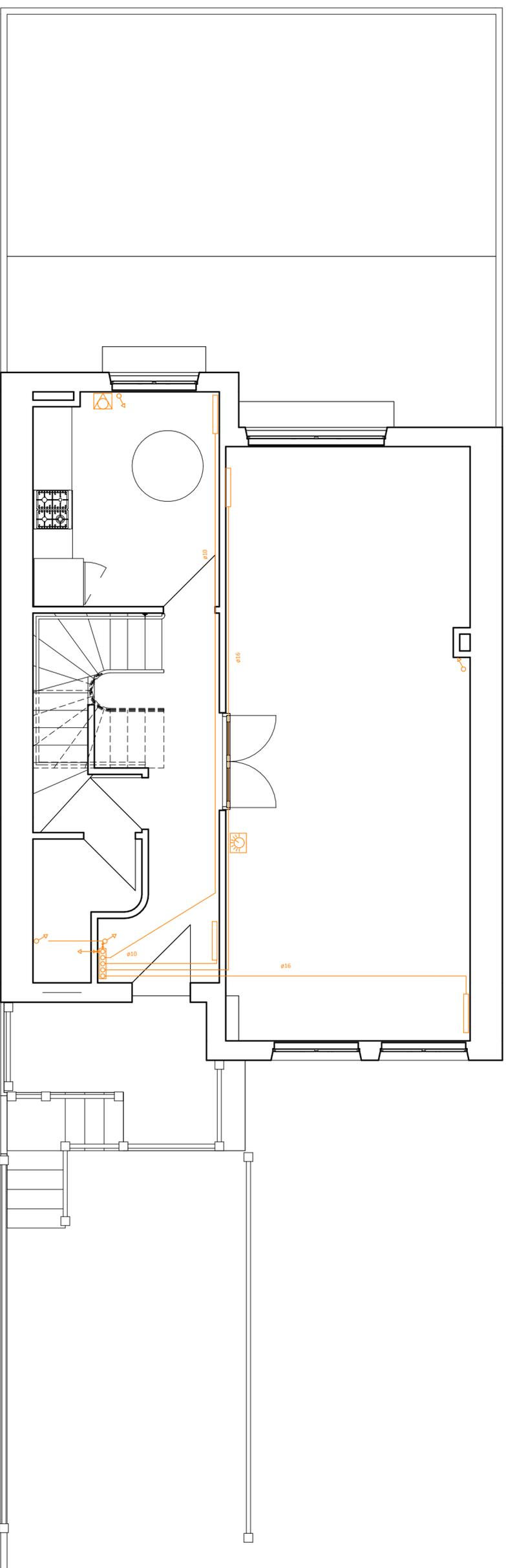
Tutores:

GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ



Escala: 1 : 50





-  CALDERA
-  ASCENDENTE/BAJANTE
-  APARATO CALEFACTOR
-  TERMOESTATO AMBIENTE

015 - Instalaciones de calefacción - Planta baja



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ENERO 2016

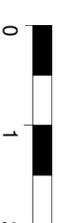
Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

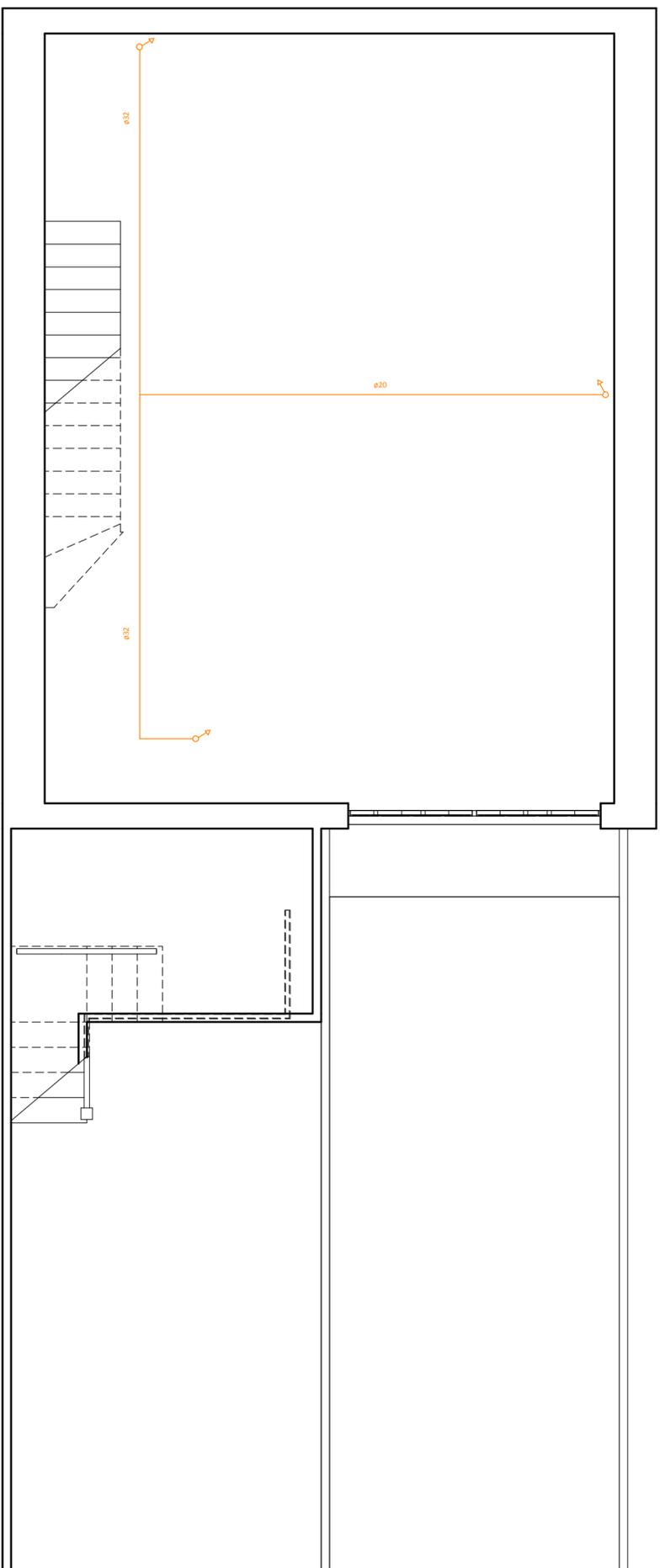
Tutores:

GUMERSINDA SEARA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ



Escala: 1 : 50





1	00 Sótano Copy 2
014	1 : 50

-  CALDERA
-  ASCENDENTE/BAJANTE
-  APARATO CALEFACTOR
-  TERMOESTATO AMBIENTE

014 - Instalaciones de calefacción - Sótano



UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ENERO 2016

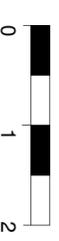
Rehabilitación enerxética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:

CRISTINA FERREIRO CASTRO

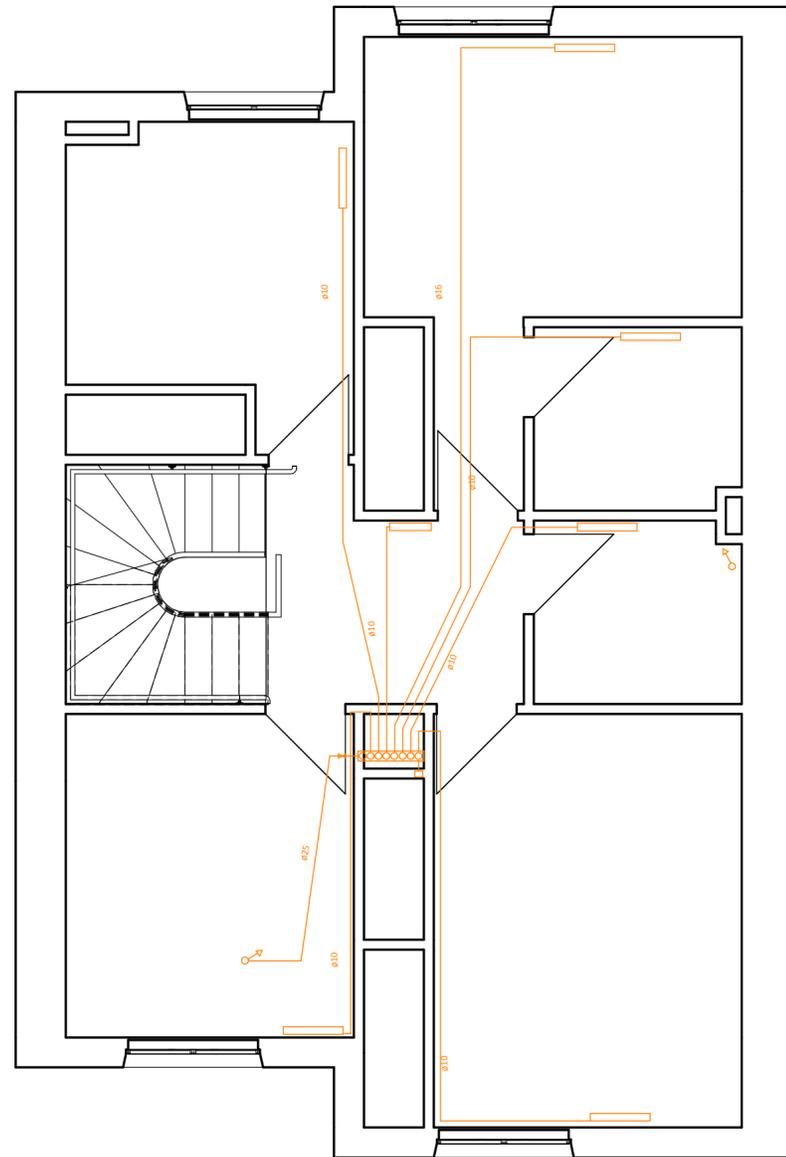
Tutores:

GUMERSINDA SEARA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓÑEZ

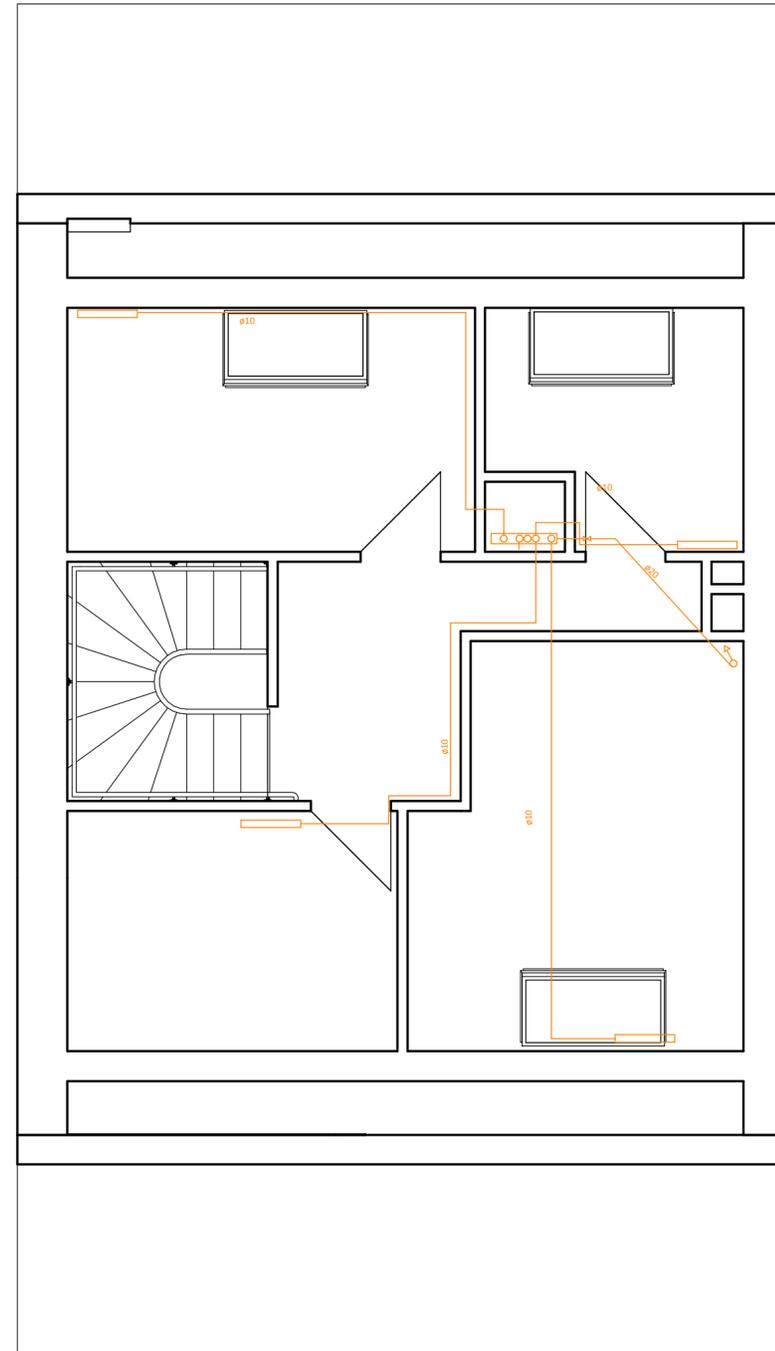


Escala: 1 : 50





PLANTA PRIMERA



BAJO CUBIERTA

-  CALDERA
-  ASCENDENTE/BAJANTE
-  APARATO CALEFACTOR
-  TERMOESTATO AMBIENTE

016 - Instalaciones calefacción - Plana primera y bajo cubierta

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ENERO 2016

Rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar. Estudio comparativo entre España y Dinamarca

Autora:
CRISTINA FERREIRO CASTRO

Tutores:
GUMERSINDA SEÁRA PAZ
JUAN LUIS PÉREZ ORDÓNEZ



Escala: 1 : 50

