

## ANTEPROYECTO FIN DE GRADO

# REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE

*“REFORM AND HUMANIZATION OF THE FERROL’S SPAIN SQUARE ON THE NORTHEAST ACCESS”*

AUTOR: **ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA**

GRADO EN TECNOLOGÍA DE LA INGENIERÍA CIVIL

SEPTIEMBRE 2014

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### DOCUMENTO I: MEMORIA

#### A: MEMORIA DESCRIPTIVA

#### B: MEMORIA JUSTIFICATIVA

- Anejo nº1: OBJETO DEL ANTEPROYECTO
- Anejo nº2: ANTECEDENTES
- Anejo nº3: ESTUDIO DE TRÁFICO
- Anejo nº4: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
- Anejo nº5: ESTUDIO DEL TRAZADO GEOMÉTRICO
- Anejo nº6: FIRMES Y PAVIMENTOS

### DOCUMENTO II: PLANOS

1. SITUACIÓN
2. SITUACIÓN ACTUAL
3. PLANTA GENERAL
4. TRABAJOS PREVIOS
5. TRAZADO GEOMÉTRICO
6. ESTRUCTURAS
7. FIRMES Y PAVIMENTOS
8. DRENAJE
9. ILUMINACIÓN
10. MOBILIARIO URBANO

### DOCUMENTO III: PRESUPUESTO

# DOCUMENTO I

# MEMORIA

# A. MEMORIA DESCRIPTIVA

## ÍNDICE

1. **INTRODUCCIÓN**
2. **ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL**
3. **OBJETO DEL ANTEPROYECTO**
4. **LOCALIZACIÓN**
5. **CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**
6. **ESTUDIO DE TRÁFICO**
7. **OTROS ESTUDIOS PREVIOS**
  - 7.1 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO
  - 7.2 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO
  - 7.3 ESTUDIO SÍSMICO
8. **ALTERNATIVAS PLANTEADAS**
9. **TRAZADO GEOMÉTRICO**
10. **FIRMES Y PAVIMENTOS**
11. **ESTRUCTURAS**
  - 11.1 MUROS DE PIE
  - 11.2 MUROS PANTALLA
  - 11.3 LOSA TABLERO
  - 11.4 LOSA DE CIMENTACIÓN
  - 11.5 COLUMNAS
12. **DRENAJE**
13. **ILUMINACIÓN**
14. **SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y PROTECCIONES**
15. **HUMANIZACIÓN DE LA NUEVA SUPERFICIE DE LA PLAZA**
16. **SEGURIDAD Y SALUD**
17. **SERVICIOS AFECTADOS**
18. **PLAZO DE EJECUCIÓN**
19. **PRESUPUESTO**

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anteproyecto se redacta con la finalidad de concluir los estudios del *Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil* impartido en la *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* de la *Universidad da Coruña*.

El carácter académico que posee el anteproyecto no impide que la definición de la solución técnica de la obra cumpla, en la medida de lo posible, todos los requisitos impuestos en un anteproyecto real.

El anteproyecto, titulado “Reforma y humanización de la Plaza de España de Ferrol en su acceso noroeste”, se compone de los siguientes documentos: *Memoria, Planos y Presupuesto*. Estos tres documentos se redactan con objeto de definir la solución técnica de la obra, fijando y justificando los procedimientos o tipologías más adecuados para la misma, cotas exactas de la ubicación general de la obra, un precio relativamente exacto y un plazo de construcción.

## 2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

La Plaza de España es uno de los nudos de tráfico más importantes, estratégicos y complicados de la ciudad de Ferrol.

La plaza, que era en su origen una zona agrícola situada extramuros de la ciudad, fue construida en la década de los 40 sufriendo una gran remodelación a finales de los años 50. Esta remodelación consistió en la ejecución de una glorieta con una fuente luminosa en su isleta y una serie de paseos que cruzarían la plaza dando servicio tanto a peatones como automóviles, convirtiéndose así la plaza en un lugar de articulación del creciente tráfico.

Finalmente en el año 2002 se procedió a la ejecución de las obras del aparcamiento subterráneo actual con la oportuna subterranización de los tráficos rodados más intensos.

En la actualidad, la Plaza de España presenta una Intensidad Media Diaria alta y la actual infraestructura coarta alguna de las muchas direcciones permitidas antaño. Cabe destacar que la presencia del nuevo aparcamiento incrementa el tráfico rodado y que la nueva superficie de la plaza provoca también un aumento del tráfico peatonal hacia el Barrio de la Magdalena.

El acceso a la plaza de España en la zona noroeste se resuelve mediante una rampa con una inclinación de un 18 % que supera excesivamente los límites máximos recomendados.

Esta rampa incorpora la circulación a la Carretera de Castilla justo antes de su intersección con las calles Ricardo Carvalho Calero y Calle Catalunya. Esta intersección, regulada semafóricamente, provoca, junto a la excesiva pendiente de la rampa, numerosas colisiones y dificultades por parte de los conductores a la hora de poner en marcha sus vehículos. La situación se ve agravada por el alto porcentaje de vehículos pesados que utilizan este acceso.

A todo lo anterior, cabe añadir que la propia infraestructura ocupa más del 60% del ancho de entrada a la plaza estrangulando su acceso. Esto hace que la plaza no cumpla los objetivos de lugar de encuentro y social por los cuales se definen las plazas.

La suma de todos estos factores, hace que la intersección tenga un nivel de servicio bajo y que muchos conductores opten por itinerarios menos directos y más largos con el fin de evitar el paso por esta infraestructura por un motivo principal de seguridad y comodidad.

## 3. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

Acorde con la problemática descrita anteriormente, la actuación tiene como objeto la mejora del nivel de servicio de la zona ámbito tanto para el tráfico de vehículos como para el peatonal. Esta actuación se proyectará intentando una adecuación al entorno urbano actual lo mejor posible al entorno urbano actual y a su vez provocando un impacto visual mínimo.

A continuación se muestran los principales objetivos en materia de tráfico, paisajística y humanitaria:

- Atenuación de la rampa de acceso a los viales subterráneos mejorando la funcionalidad de dicha estructura.
- Mejora de la intersección de la Carretera de Castilla con las Calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya evitando las congestiones de tráfico.
- Aumento de las posibilidades de direcciones y sentidos en el ámbito de la zona objeto.
- Ampliación y humanización del acceso peatonal a la Plaza de España.

#### 4. LOCALIZACIÓN

Como se vio anteriormente, la actuación tiene lugar en el acceso Noroeste de la Plaza de España de Ferrol, A Coruña.

En la zona del anteproyecto confluyen las calles Catalunya, Euskadi, Ricardo Carvalho Calero y Pontevedra. Todas ellas tienen origen o final en la Carretera de Castilla.



#### 5. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

La documentación utilizada en la realización del presente anteproyecto será la siguiente:

- Cartografía Digital de Ferrol a escala 1/5000 facilitada por la E.T.S.I.C.C.P.
- Topografía y Cartografía Catastral facilitada por el Concello de Ferrol.

Carretera de Castilla presenta un desnivel aproximado del 1% en la zona objeto del anteproyecto. Este desnivel hace que las cotas del terreno actual vayan descendiendo en sentido de avance hasta los Ensanches.

Se tendrá en cuenta a la hora de la elaboración del anteproyecto este desnivel para así adecuar la actuación correctamente a los edificios de la propia vía y a las calles colindantes.

Cabe destacar, que al tratarse de ámbito urbano la topografía haya podido ser modificada con respecto a la original.

#### 6. ESTUDIO DE TRÁFICO

La Plaza de España y sus intersecciones contiguas son en la actualidad un nudo de tráfico de relativa importancia.

Las calles de la zona objeto son la Calle Pontevedra, Calle Euskadi, Calle Ricardo Carvalho Calero y Calle Catalunya. Estas calles confluyen en la Carretera de Castilla que es uno de los ejes más importantes de la ciudad en lo que respecta a niveles de tráfico y funcionalidad.

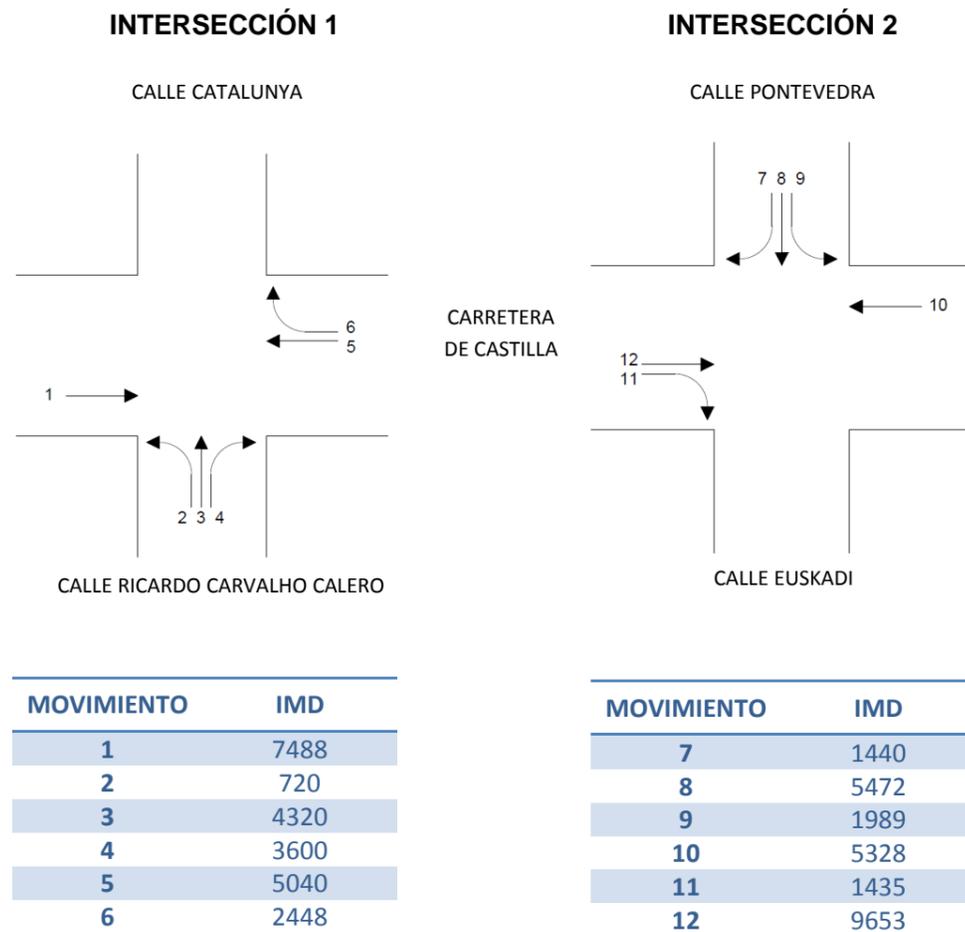
Será necesario por lo tanto analizar el tráfico que circula en la zona. Este análisis vendrá definido por una serie de parámetros característicos del tráfico como son la Intensidad Media Diaria o el porcentaje de vehículos pesados.

De este modo se realiza un estudio de tráfico de las principales mediante un aforo esencialmente manual en el cual se obtienen los siguientes resultados

PUNTO DE AFORO	NÚMERO CARRILES	IMD	IMD / CARRIL	
Calle Pontevedra	2	6912	3456	
Calle Catalunya	1	6048	6048	
Calle Ricardo Carvalho Calero	2	7920	3960	
Calle Ricardo Euskadi	1	4918	4918	
Carretera de Castilla	- Hacia Plaza de España	2	6768	3384
	- Hacia Ensanches	3	11088	3696

A su vez, y debido a las limitaciones del aforo, se considerará un porcentaje de vehículos pesados del 5%

Es importante también el análisis de las intersecciones para poder estudiar su nivel de servicio. A continuación se presenta el aforo direccional de las intersecciones objeto.



Se observa que la *Intersección 2* presenta una IMD alta y del mismo orden de magnitud en los dos ejes que la componen. Actualmente está regulada semafóricamente y no permite la totalidad de giros disponibles presentando un nivel de servicio bajo.

## 7. OTROS ESTUDIOS PREVIOS

### 7.1. ESTUDIO GEOLOGÍCO Y GEOTÉCNICO

Debido a la falta de medios para la realización de un estudio geológico y geotécnico completo se utilizarán como referencia los estudios realizados en proyectos cercanos a la zona de actuación.

A la hora de la realización de un proyecto constructivo completo será necesario este estudio con la finalidad de determinar la naturaleza del subsuelo en la zona de actuación así como la caracterización geotécnica de los niveles que componen el mismo.

### 7.2. ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

Se considerará basándose en estudios completos y exhaustivos de otros proyectos cercanos, una climatología en la zona objeto que no supone el análisis de consideraciones especiales.

### 7.3. ESTUDIO SÍSMICO

Según la *Norma Simorresistente* actual en la zona objeto no será necesaria la aplicación de esta norma para el cálculo de los diferentes componentes estructurales de la actuación.

## 8. ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Se presentarán tres alternativas con la finalidad de resolver la problemática existente y conseguir los objetivos propuestos.

Las tres alternativas se fundamentan en la prolongación de los viales subterráneos, salvando, de este modo la intersección con las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya. Con esta solución, el vial que une las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya pasaría en superficie sin afectar al tráfico del paso inferior.

Además, con la eliminación del acceso a los viales subterráneos en la entrada de la Plaza de España, se evita el estrangulamiento de la misma y se gana una superficie de más de 1000 m<sup>2</sup> a favor del tráfico peatonal y de la propia estética de la plaza.

De esta manera, la *Alternativa 1* propone la prolongación de los viales subterráneos hasta la superación de la intersección con las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya. En este punto, superada la intersección, comenzará la rampa de acceso a los viales que finalizará antes de la intersección de la propia vía con las calles Pontevedra y Euskadi. Se propone para esta intersección una intersección con regulación semafórica. En superficie, además del vial de conexión de las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya, existirán dos viales. Uno de ellos recogerá el tráfico de la calle Ricardo Carvalho Calero que se dirija en sentido “Ensanches”, mientras que el otro recogerá el tráfico de la Carretera de Castilla que se dirija a la Calle Catalunya. Finalmente, se propone la humanización y decoración del nuevo espacio existente sobre los viales subterráneos en el acceso de la Plaza de España. Este espacio será únicamente peatonal y seguirá los patrones de decoración existentes en la Plaza actual con el fin de no generar discordancias.

La *Alternativa 2* es idéntica a la *Alternativa 1* en lo que respecta al vial subterráneo, viales superficiales y nuevo espacio en la Plaza. La principal diferencia es la creación de una glorieta en la intersección de la Carretera de Castilla y las Calles Pontevedra y Euskadi. Además debido a la presencia de la intersección mediante glorieta, el vial procedente de la calle Ricardo Carvalho Calero se incorporará mediante un entronque a los viales principales antes de llegar a la propia glorieta, con el fin de mejorar la incorporación en la misma.

Finalmente la *Alternativa 3* propone la continuación de los viales hasta superar la intersección con las calles Catalunya y Euskadi. La rampa comenzaría una vez superada esta intersección y se prolongaría antes de la salida del cruce de la Carretera de Castilla con la Calle Ministro Patiño, regulando el mismo mediante regulación semafórica. Además, se propone la construcción de un único vial de doble sentido que recoja los tráfico de la Calle Ricardo Carvalho Calero hacia Ensanches y los de los Ensanches hacia la Calle Catalunya. El vial se posiciona en el centro de la sección ganando así espacio peatonal. Una vez atravesada la intersección con la calle Catalunya y Euskadi, por motivos de espacio y funcionalidad, solo continuará el vial con sentido hacia Ensanches hasta la intersección con la calle Ministro Patiño.

Una vez expuestas las alternativas y realizado el proceso de elección expuesto en el *Anejo N°4 Estudio de Alternativas* se concluye que la mejor alternativa, y por lo tanto alternativa a proyectar será la *Alternativa 2*.

## 9. TRAZADO GEOMÉTRICO

En el estudio del análisis geométrico se utilizarán principalmente como documentos de referencia la *Norma 3.1-IC Trazado* y las *Recomendaciones sobre glorietas*.

Se establecerá una velocidad de proyecto (Vp) de 40 km/h, tomando la inclinación de la rasante un valor máximo del 10%, tal y como se indica en la *Norma 3.1-IC Trazado*.

En lo que respecta a la sección transversal el número de carriles vendrá condicionado por el ancho de la calle. De este modo se procederá a proyectar los viales subterráneos con dos carriles en sentido hacia *Ensanches* y un único carril en sentido *Plaza de España*. Existirán dos viales en superficie en los extremos de los subterráneos, uno en cada sentido.

Se dispondrá de un bombeo transversal mínimo del dos por ciento (2%) hacia cada lado a partir de la separación de ambos sentidos.

Se proyectarán los viales subterráneos con un gálibo igual o mayor a 5,5 m.

La miniglorieta tendrá una isleta circular ligeramente abombada de 4 metros de diámetro y entradas sin abocinar. El diámetro exterior será de 27 metros. La isleta central tendrá un bombeo de 15 cm en su centro. El bombeo se construye generalmente con mezclas bituminosas y será totalmente blanco y reflexivo para facilitar su identificación.

En el *DOCUMENTO II, Planos* del presente anteproyecto se detallan todas las dimensiones necesarias para la correcta definición del trazado geométrico.

## 10. FIRMES Y PAVIMENTOS

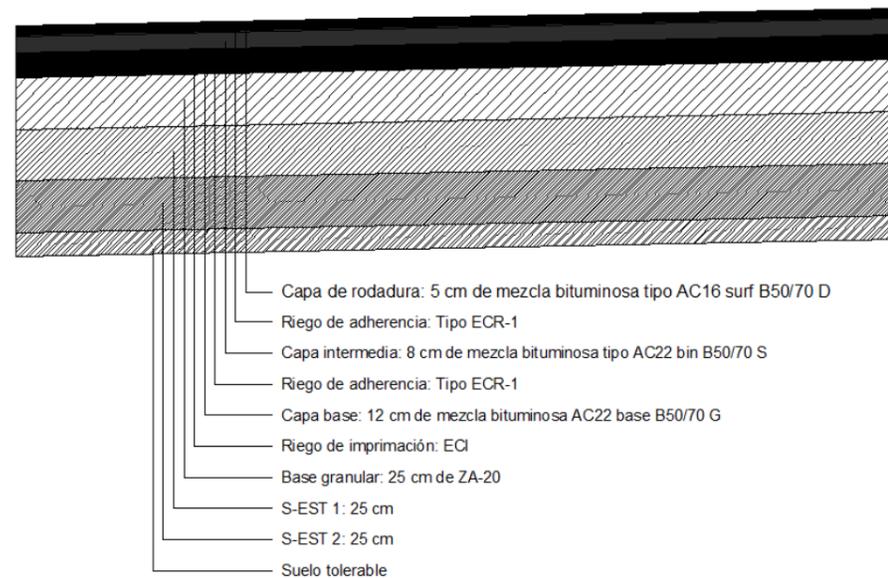
Se aplicarán principalmente la *Norma 6.1 IC “Secciones de firme” de la Instrucción de Carreteras* y la *Norma 6.3 IC: “Rehabilitación de firmes” de la Instrucción de Carreteras*.

Todos los ejes del proyecto tienen una categoría de tráfico pesado T2 excepto la glorieta que tiene una categoría T1.

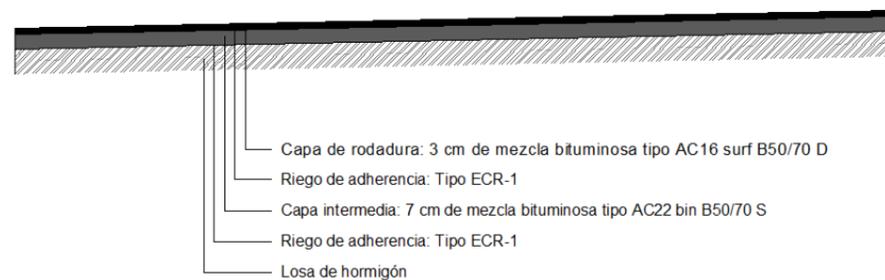
Se determinará el suelo de la zona como Suelo Tolerable y se definirá una categoría de explanación E2.

De esta manera, se muestran a continuación las diferentes secciones tipo de cada paquete de firme. Esta elección está debidamente justificada en el *Anejo N°6, Firmes y Pavimentos*. Existirá un paquete de firmes distinto dependiendo si se coloca sobre explanada E2, sobre losa o si es de rehabilitación.

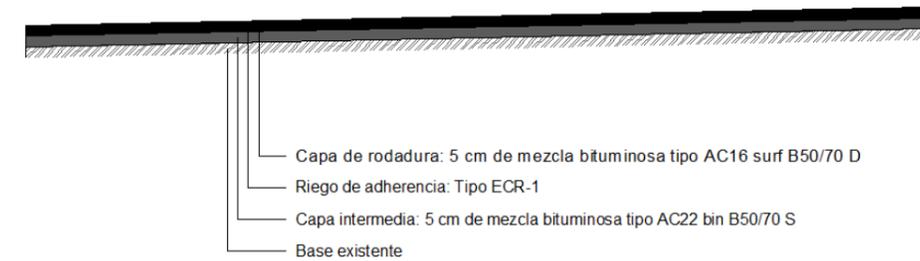
### SECCIÓN SOBRE EXPLANADA E2



### SECCIÓN SOBRE LOSA



### SECCIÓN ZONA REPOSICIÓN DE FIRMES



Los pavimentos estarán formados por las siguientes capas:

- Baldosa abujardada granítica beige de 60 x 40 x 5 cm.
- 5 cm de capa de asiento de mortero de hormigón
- 8 cm de solera de hormigón HM-20/B/20/IIa.
- 20 cm de sub-base de zahorras seleccionadas

Estos pavimentos quedarán separados de la calzada por un bordillo de hormigón prefabricado de categoría T-3.

## 11. ESTRUCTURAS

El paso inferior estará formado por un marco rígido de hormigón armado. Este marco estará delimitado por la losa de cimentación, la losa tablero y los muros-pantallas.

Además en la zona de paso del tráfico procedente de la Calle Ricardo Carvalho Calero sobre los viales subterráneos, se colocará en el extradós de las pantallas una losa de transición para evitar que el asiento diferencial entre el terreno y la losa tablero genere un escalón en el firme.

A continuación se analizará cada uno de estos elementos estructurales definiendo sus principales características.

### 11.1. MUROS DE PIE

Se adopta esta estructura en las zonas donde la rasante se encuentra a poca profundidad. Serán de hormigón armado y tendrán un espesor de 0.3 o 0.6 metros y una longitud de 3 o 6 metros respectivamente dependiendo la zona de ejecución. La profundidad será variable garantizando en todo momento su estabilidad siendo su sección en “L”

### 11.2. MUROS PANTALLA

Se colocarán en el resto de la estructura y serán también de hormigón armado. Tendrán un espesor de 0.6 metros y una anchura de 3 metros. La longitud de empotramiento será la misma o superior que la de tramo en voladizo.

### 11.3. LOSA TABLERO

Esta losa será de hormigón armado, tendrá un espesor de 0,8 metros y estará empotrada a las pantallas aportando a la estructura un alto grado de rigidez. El vano será variable debido a las características de la infraestructura. En zonas de grandes vanos se apoyarán también sobre columnas.

### 11.4. LOSA DE CIMENTACIÓN

Se dispondrá sólo entre los muros pantalla. Será de hormigón armado y tendrá un espesor de 0.5 metros aportando rigidez a la sección y servirá de impermeabilización para la misma.

### 11.5. COLUMNAS

Se dispondrán tres columnas de sección circular de radio 0.3 metros y altura de entre 6 a 6,5 metros. Cada columna tendrá como cimentación una zapata aislada cuadrada de 2,5 metros de lado y 0.8 metros de espesor.

## 12. DRENAJE

En el presente anteproyecto no se ha diseñado el sistema de drenaje. Sí se ha realizado una estimación a gran escala de la localización del mismo en los distintos viales, esta información se puede ver detallada en el plano pertinente.

Cabe destacar que en el proyecto completo sería necesaria la definición detallada del sistema de drenaje que cumpla con la misión de recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la estructura.

## 13. ILUMINACIÓN

Del mismo modo que el capítulo de drenaje, no se ha diseñado un sistema de iluminación en este anteproyecto. Se ha realizado de este modo una estimación de la posición de las luminarias en todo el ámbito de la actuación, incluyendo el paso inferior. La posición de estas luminarias se encontrará en el plano correspondiente.

## 14. SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y PROTECCIONES

La señalización vertical, horizontal y el balizamiento se basarán según lo descrito en la *Norma 8.1-IC, Señalización Vertical* y en la *8.2-IC, Marcas viales*.

Se dispondrán las siguientes protecciones de vehículos:

- Barrera de seguridad de hormigón prefabricado. Ésta se colocará para separar los diferentes sentidos de los viales subterráneos.
- Pretil de hormigón prefabricado. Se colocará en los bordes superiores de la rampa.

## 15. HUMANIZACIÓN DE LA NUEVA SUPERFICIE DE LA PLAZA

Se procederá a la decoración de la nueva superficie de la plaza siguiendo modelo de la decoración actual. Por lo tanto se procederá a ejecutar esta nueva superficie con hormigón impreso, dibujando en un tono rojizo los “caminos” que existentes en el resto de la plaza. Se colocarán también dos jardineras, dos pérgolas con dos bancos cada una de ellas, dos papeleras y pilonas fijas y extraíbles para evitar el paso de vehículos no autorizados a la plaza.

## 16. SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de seguridad y salud no se incluye en el presente anteproyecto. En un proyecto constructivo completo sería necesario establecer, durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos laborales y enfermedades profesionales, así como de las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se añadirá en el presupuesto una partida alzada a justificar en concepto de seguridad y salud.

## 17. SERVICIOS AFECTADOS

Será necesaria la redacción de un anejo que tenga por finalidad la resolución de los problemas técnicos que puedan presentarse durante la obra proyectada y que estén relacionados con la existencia de servicios de propiedad pública o privada.

Debido a la ausencia de este anejo en el presente anteproyecto se añadirá en el presupuesto una partida alzada a justificar en concepto de servicios afectados.

## 18. PLAZO DE EJECUCIÓN

Se estimará un plazo de ejecución de las obras de DOCE (12) meses debido a la envergadura de la actuación y de los trabajos necesarios para su ejecución.

## 19. PRESUPUESTO

### RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS (€)	%
C01	RED VIARIA	405,210.30	22.78%
C02	ESTRUCTURAS	930,942.01	52.33%
C03	DRENAJE	55,307.44	3.11%
C04	ILUMINACIÓN	120,473.11	6.77%
C05	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	46,214.41	2.60%
C06	HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA	12,785.63	0.72%
C07	SEGURIDAD Y SALUD	40,000.00	2.25%
C08	GESTIÓN DE RESIDUOS	15,000.00	0.84%
C09	SERVICIOS AFECTADOS	80,000.00	4.50%
C10	OTROS CONCEPTOS	73,000.00	4.10%
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>1,778,932.91 €</b>	<b>100%</b>
GASTOS GENERALES		13.00%	231,261.28
BENEFICIO INDUSTRIAL		6.00%	106,735.97
SUMA DE G.G. Y B.I.		337,997.25 €	
<b>PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN</b>		<b>2,116,930.16 €</b>	
I.V.A.		21.00%	444,555.33
<b>PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN CON I.V.A</b>		<b>2,561,485.49 €</b>	

El presupuesto asciende a la cifra de DOS MILLONES QUINIENTOS SESENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

En A Coruña a 20 de Septiembre de 2014

El autor del anteproyecto

ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA

# B. MEMORIA JUSTIFICATIVA

## ÍNDICE

**Anejo nº1: OBJETO DEL ANTEPROYECTO**

**Anejo nº2: ANTECEDENTES**

**Anejo nº3: ESTUDIO DE TRÁFICO**

**Anejo nº4: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

**Anejo nº5: ESTUDIO DEL TRAZADO GEOMÉTRICO**

**Anejo nº6: FIRMES Y PAVIMENTOS**

## ANEJO Nº1

# OBJETO DEL ANTEPROYECTO

## ÍNDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anteproyecto se redacta con la finalidad de concluir los estudios del *Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil* impartido en la *Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos* de la *Universidade da Coruña*.

El carácter académico que posee el anteproyecto no impide que la definición de la solución técnica de la obra cumpla, en la medida de lo posible, todos los requisitos impuestos en un anteproyecto real.

El anteproyecto se compone de los siguientes documentos: *Memoria, Planos y Presupuesto*. Estos tres documentos se redactan para desarrollar las características esenciales de un anteproyecto.

## 2. OBJETO DEL ANTEPROYECTO

El título del Anteproyecto será *“Reforma y humanización de la Plaza de España de Ferrol en su acceso noroeste”*. En él se define la solución técnica de la obra, fijando y justificando los procedimientos o tipologías más adecuados para la misma, cotas exactas de la ubicación general de la obra, un precio relativamente exacto y un plazo de construcción.

A continuación se presenta la información básica relativa al anteproyecto.

<b>TÍTULO DEL ANTEPROYECTO</b>	Reforma y humanización de la Plaza de España de Ferrol en su acceso noreste
<b>AUTOR</b>	Esteban Sañudo Costoya
<b>TUTOR</b>	Arturo Antón Casado
<b>TITULACIÓN</b>	Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil
<b>CENTRO</b>	E.T.S.I.C.C.P de la <i>Universidade da Coruña</i>
<b>FECHA</b>	Septiembre 2014

## ANEJO Nº2

# ANTECEDENTES

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS
3. SITUACIÓN ACTUAL
4. ESTUDIO DE LA INTERSECCIÓN ACTUAL
5. JUSTIFICACIÓN DEL ANTEPROYECTO

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como finalidad el análisis de los antecedentes, evolución y estado actual de la Plaza de España de Ferrol. Debido a que el objeto del anteproyecto sólo afecta a una zona concreta de la plaza, se realizará un estudio más exhaustivo sobre los aspectos que actúan directamente en la misma.

## 2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El espacio que ocupa actualmente la Plaza de España de Ferrol era en origen una zona agrícola situada en los extramuros de la ciudad. En el lado oeste de esta zona se encontraba la muralla que rodeaba la ciudad, actualmente derribada.

La zona de uso agrícola permaneció hasta la década de los 40, década en la que se ejecutó el proyecto conocido como “*Reforma Interior y Ensanche de la Población*”, a partir del cual, se construye la plaza y a su vez el barrio de Recimil en lado sur de la misma.

Ya en el año 1959 el Ayuntamiento de Ferrol encarga un proyecto para remodelar la plaza. El proyecto consistió en la ejecución en el centro de la plaza de una fuente luminosa, un ajardinamiento, el cuál seguía los cánones clásicos de las geometrías con parterres junto a una gran presencia de árboles y unos paseos que cruzaban la plaza dando servicio tanto a peatones como a automóviles. De este modo la plaza se convierte en un lugar de articulación del creciente tráfico.



Plaza de España en los años 60

Posteriormente en el año 1967 se sustituyó la fuente por una estatua ecuestre de Franco, la cual sería retirada en el año 2002 a causa del comienzo de las obras del aparcamiento subterráneo actual con la oportuna subterranización de los tráficos rodados más intensos.

En los sucesivos años se han realizado diferentes actuaciones de urbanización en la superficie de la plaza, cambiando ésta de aspecto en dos ocasiones.

## 3. SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad la Plaza de España es un nudo de tráfico importante y complicado. La Intensidad Media Diaria de este nudo es alta y la actual infraestructura coarta alguna de las muchas direcciones permitas antaño. Es importante añadir que la presencia del nuevo aparcamiento incrementa el tráfico rodado actual con la agitación de las entradas y salidas del mismo así como un aumento del tráfico peatonal hacia el Barrio de la Magdalena que provoca la nueva superficie de la plaza.

El acceso a la Plaza de España en la zona Noreste se resuelve con una rampa que incorpora la circulación a la Carretera de Castilla justo antes de su intersección con la Calle Catalunya y Calle Ricardo Carvalho Calero. Esta intersección está regulada mediante semáforos.



#### 4. ESTUDIO DE LA INTERSECCIÓN ACTUAL

A continuación se analizarán las características y problemáticas de la intersección actual.

El acceso al paso inferior se realiza mediante una rampa posee una pendiente de un 18 %, pendiente que supera excesivamente los límites máximos recomendados.



Situación actual del acceso

El problema de la intersección se ve agravado con la intersección semafórica, citada anteriormente, que se establece en su final. Esta situación provoca que los vehículos en espera deban permanecer detenidos en la rampa, provocando en ocasiones accidentes y colisiones a la hora de poner en movimiento de nuevo el vehículo.



Retenciones en la salida

Por este acceso pasan también un porcentaje alto de vehículos pesados, principalmente autobuses. Este tipo de vehículos tienen más dificultades a la hora de superar esta intersección debido, principalmente a sus dimensiones y potencia para salir holgadamente de la rampa.

Cabe destacar, que la propia infraestructura ocupa más del 60% del ancho de entrada a la Plaza, estrangulando su acceso. Esto que hace este acceso poco atractivo, también, hacia el tráfico peatonal.



Estrangulamiento acceso Plaza

La suma de todos estos factores, hace que la intersección tenga un nivel de servicio bajo y que muchos conductores opten por itinerarios menos directos y más largos con el fin de evitar el paso por esta infraestructura por un motivo principal de seguridad y comodidad.

#### 5. JUSTIFICACIÓN DEL ANTEPROYECTO

A continuación se exponen los motivos fundamentales que justifican, acorde con la problemática descrita anteriormente, la redacción del presente anteproyecto:

- Atenuación de la rampa de acceso a los viales subterráneos mejorando la funcionalidad de dicha estructura.
- Mejora de la intersección de la Carretera de Castilla con las Calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya evitando las congestiones de tráfico.
- Aumento de las posibilidades de direcciones y sentidos en el ámbito de la zona objeto.
- Ampliación y humanización del acceso peatonal a la Plaza de España.

## ANEJO Nº3

# ESTUDIO DE TRÁFICO

## ÍNDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. DESCRIPCIÓN GENERAL

### 3. ANÁLISIS DEL TRÁFICO ACTUAL

- 2.1 INTENSIDAD MEDIA DIARIA
- 2.2 TRÁFICO DE VEHÍCULOS PESADOS
- 2.3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS EN INTERSECCIÓN

### 4. PROGNOSIS DE TRÁFICO

- 4.1 AÑO HORIZONTE
- 4.2 TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
- 4.3 PROGNOSIS DEL TRÁFICO EN AÑO HORIZONTE

## 1. INTRODUCCIÓN

La finalidad principal del presente anejo será la de analizar el tráfico que circula por la zona objeto del anteproyecto. Este análisis vendrá definido por una serie de parámetros característicos del tráfico como la Intensidad Media Diaria o el porcentaje de vehículos pesados.

Los parámetros se utilizarán como base para:

- Comparar objetivamente unas vías con otras.
- Dimensionar las categorías de firme a emplear para soportar el tráfico de vehículos pesados.
- Determinar las características geométricas de los diferentes tramos en función del nivel de servicio prestado.

Es importante destacar la falta de aforos reales en la zona objeto del anteproyecto. Debido al carácter académico del mismo y a la falta de medios, se realizará un aforo manual y se estimaran los datos mediante comparación con los aforos reales. Sólo se disponen datos de aforos reales de la vía principal por lo tanto se realizará una estimación acorde en proporción con estos datos.



## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL

La Plaza de España y sus intersecciones contiguas son en la actualidad un nudo de tráfico importante. A la alta Intensidad Media Diaria se le suman también la presencia de muchas posibles direcciones y un tráfico peatonal muy intenso.

Las calles de la zona objeto del estudio son la Calle Pontevedra, Calle Euskadi, Calle Ricardo Carvalho Calero y Calle Catalunya. Estas calles confluyen en la Carretera de Castilla que es uno de los ejes más importantes de la ciudad en lo que respecta a niveles de tráfico y funcionalidad. La Carretera de Castilla sirve, de este modo, como nexo de unión entre el Barrio de la Magdalena, centro de la ciudad, con los Ensanches y periferia de la ciudad.

A continuación se muestra la situación de las calles anteriormente citadas.

## 3. ANÁLISIS DEL TRÁFICO ACTUAL

El aforo realizado, como se ha comentado anteriormente, ha sido estimado intentando aproximarse lo máximo posible a la realidad. Se han analizado, aparte de las IMD, el tráfico de vehículos pesados y los movimientos en las dos intersecciones objeto.

Cabe destacar que todas las vías, excepto la Carretera de Castilla, la cual es bidireccional, son unidireccionales.

### 3.1. INTENSIDAD MEDIA DIARIA

En la tabla siguiente se muestran las IMD en las calles del ámbito de análisis.

PUNTO DE AFORO	NÚMERO CARRILES	IMD	IMD / CARRIL
Calle Pontevedra	2	6912	3456
Calle Catalunya	1	6048	6048
Calle Ricardo Carvalho Calero	2	7920	3960
Calle Ricardo Euskadi	1	4918	4918
Carretera de Castilla	- Hacia Plaza de España	6768	3384
	- Hacia Ensanches	11088	3696

### 3.2. TRÁFICO DE VEHÍCULOS PESADOS

La  $IMD_p$  (Intensidad Media Diaria de Vehículos Pesados) será uno de los parámetros esenciales que determinen la estructura del firme, por ello se ha de caracterizar el porcentaje de vehículos pesados sobre el total de vehículos.

Debido a las limitaciones y falta de información en los aforos se tomará un porcentaje de vehículos pesado del 5% para todas las vías.

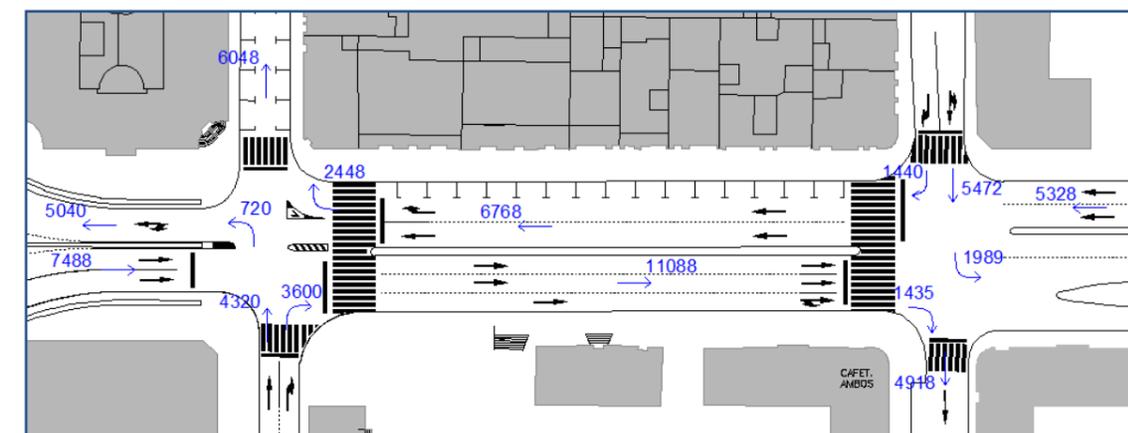
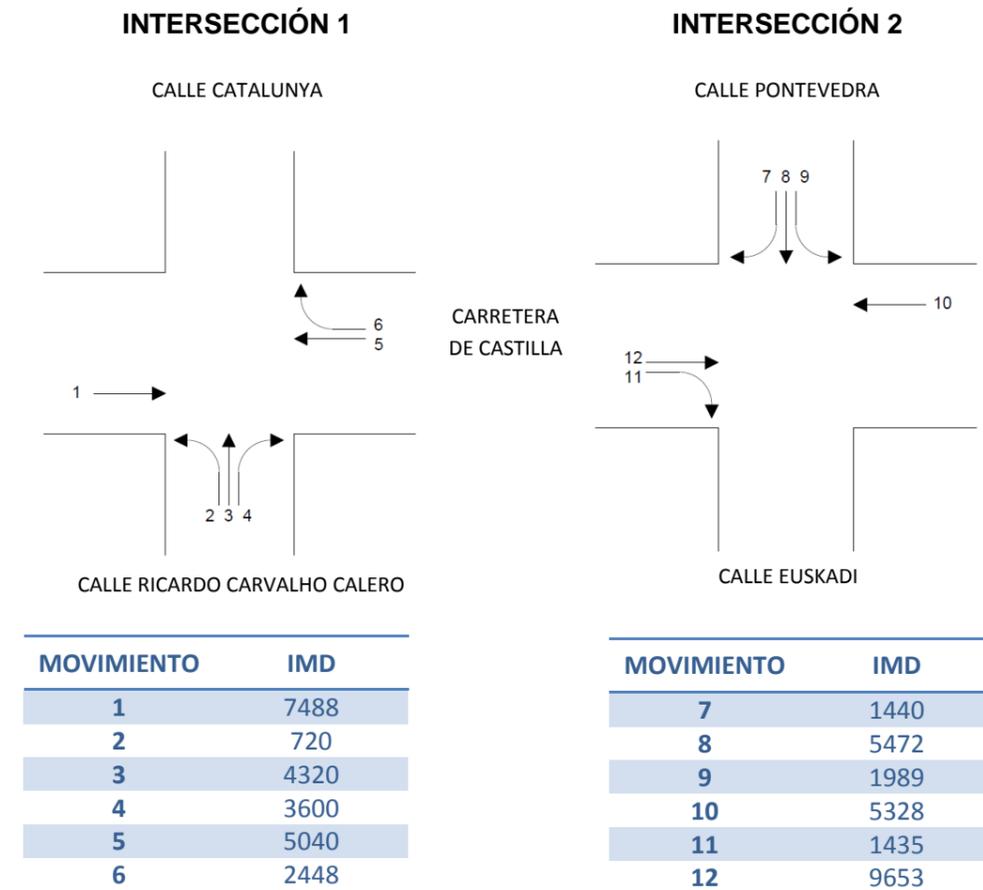
Este valor es proporcionado debido a que la mayoría de los vehículos pesados, como los camiones, optan por salir y entrar actualmente a la ciudad por la AP-9, siendo los autobuses los que copan prácticamente la totalidad de los vehículos pesados en la zona objeto.

### 3.3. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS EN INTERSECCIÓN

Se analizarán por separado las dos intersecciones que afectan al ámbito del anteproyecto para así utilizar este estudio como base para justificar algunas de las decisiones tomadas en el anteproyecto. Dichas intersecciones serán:

- Intersección 1 (I1): Calle Catalunya, Calle Ricardo Carvalho Calero y Carretera de Castilla.
- Intersección 2 (I2): Calle Pontevedra, Calle Euskadi y Carretera de Castilla.

En los siguientes esquemas se muestran los movimientos en cada una de las intersecciones.



## 4. PROGNOSIS TRÁFICO

Una vez caracterizada la situación actual será necesario determinar el tráfico que soportará cada una de las vías en el futuro, es decir, en el año horizonte. Este análisis es esencial para la realización de un correcto dimensionamiento de las vías y de la nueva intersección mediante glorieta.

Será necesario que estas previsiones de la demanda de tráfico tengan una precisión elevada, en este sentido hay que tener en cuenta que a mayor plazo de prognosis mayor será el margen de error.

### 4.1. AÑO HORIZONTE

Se considerará que el año horizonte está situado 20 años después de entrada en servicio tal y como indica la *Norma 3.1-I.C.* De este modo se considera una entrada en servicio en el año 2017 y el año horizonte será por lo tanto el 2037.

### 4.2. TASA CRECIMIENTO ANUAL

Para estimar el incremento del tráfico a utilizar en el estudio se hará una evaluación a gran escala de la situación en términos de crecimiento de la ciudad de Ferrol.

La ciudad actualmente se encuentra en una etapa difícil en ámbitos de economía, progreso y situación laboral, a lo que se le suma la práctica inactividad del naval que agrava aún más la situación. Por otra parte la construcción del Puerto Exterior y la llegada de la Autopista del Atlántico abren un abanico de posible recuperación. Esto nos hace poder llegar a considerar un incremento, por pequeño que sea, del tráfico rodado.

De este modo consideraremos una tasa de crecimiento estimada del 0.5% acorde con lo anterior citado puesto que no se dispone de series de mediciones que nos permitan obtener una tendencia a largo plazo. El valor de esta tasa será constante hasta el año horizonte.

PERÍODO	TASA INCREMENTO
2014-2037	0.5 %

## 4.3. PROGNOSIS DEL TRÁFICO EN AÑO HORIZONTE

Una vez definidos el año horizonte y la tasa de crecimiento anual se determinará la Intensidad Media Diaria en el año horizonte de proyecto mediante la siguiente expresión:

$$IMD_{2037} = IMD_{2014} \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100}\right)^{23}$$

#### Tráficos generales:

CALZADA	IMD	IMD <sub>p</sub>
Calle Pontevedra	7753	384
Calle Catalunya	6783	340
Calle Ricardo Carvalho Calero	8883	444
Calle Euskadi	5516	276
Paso inferior - Hacia Plaza de España	7591	380
Carretera de Castilla - Hacia Ensanches	12436	622
Glorieta	27780	1389

#### Tráficos discriminados por movimientos:

MOVIMIENTO	IMD	MOVIMIENTO	IMD
1	8399	7	1616
2	808	8	6137
3	4846	9	2231
4	4038	10	5976
5	5653	11	1610
6	2746	12	10827

## ANEJO Nº4

# ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
  2. ANTECEDENTES
    - 2.1 IMPORTANCIA DE LA VÍA EN LA CIUDAD
    - 2.2 PLANEAMIENTO URBANO
    - 2.3 ANÁLISIS DEL TRÁFICO
  3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA
  4. CRITERIOS DE DISEÑO
    - 4.1 NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE
    - 4.2 TRAZADO
      - 4.2.1 TRAZADO EN ALZADO
      - 4.2.2 SECCIÓN TRANSVERSAL
  5. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS
    - 5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS
    - 5.2 ALTERNATIVAS
      - 5.2.1 ALTERNATIVA 1
      - 5.2.2 ALTERNATIVA 2
      - 5.2.3 ALTERNATIVA 3
  6. CRITERIOS DE EVALUACIÓN
    - 6.1 ECONÓMICO FINANCIERO
    - 6.2 TRÁFICO Y FUNCIONALIDAD
    - 6.3 IMPACTO AMBIENTAL
  7. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS
    - 7.1 ECONÓMICO FINANCIERO
    - 7.2 TRÁFICO Y FUNCIONALIDAD
    - 7.3 IMPACTO AMBIENTAL
  8. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A PROYECTAR
    - 8.1 MÉTODO DE LAS MEDIAS PONDERADAS
    - 8.2 MÉTODO DE PRESS
    - 8.3 MÉTODO DE ELECTRE
    - 8.4 CONCLUSIÓN
- APÉNDICE I: PLANOS ALTERNATIVA 1
- APÉNDICE II: PLANOS ALTERNATIVA 2
- APÉNDICE III: PLANOS ALTERNATIVA 3

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objeto la elección de la solución más adecuada al problema descrito a través de un estudio de todas las soluciones posibles. De este modo, este estudio define y documenta todas las variables y elementos que intervienen en las distintas alternativas a nuestro problema, facilitando una herramienta que permite objetivar el proceso de toma de decisiones y determinando finalmente cuál será la solución idónea.

## 2. ANTECEDENTES

Se realizará un análisis de la zona objeto para poder conocer el alcance y la necesidad del presente anteproyecto. Se analizará de este modo la importancia de la zona objeto en la trama de la ciudad, un análisis urbanístico y finalmente un breve comentario del tráfico de las principales vías que confluyen en la zona.

### 2.1. IMPORTANCIA DE LA VÍA EN LA CIUDAD

La Carretera de Castilla es junto a la Carretera de Catabois, la Avenida de las Pías y la nueva Autopista AP-9, uno de los principales ejes de entrada y salida de la ciudad. Estos ejes congregan la mayor parte del tráfico de vehículos de la ciudad formando una buena red de comunicación entre distintos puntos de la misma y sus alrededores. Las características principales de estos ejes se muestran en la tabla siguiente:

EJE	IDENTIFICADOR	ruta	DESTINO
Carretera de Castilla	N-642	Ferrol - Narón - Ortigueira	Provincia de Lugo
Carretera de Catabois	AC-116	Ferrol - O Val - Meirás	Valdoviño
Avenida de las Pías	FE-14	Ferrol - Fene	Betanzos / N-VI
Autopista del Atlántico	AP-9	Ferrol - Santiago de Compostela - Tui	Portugal

El eje de la Carretera de Castilla es uno de los más importantes en cuanto a servicio siendo la arteria más antigua y más céntrica de la ciudad. Comunica el centro neurálgico con el resto de la ciudad y sus alrededores y ofrece por lo tanto un acceso directo que no ofrece ningún otro eje de.

Posee numerosas intersecciones siendo así un eje en el que confluyen decenas de calles y avenidas. Estas intersecciones son muy transitadas debido a que dan entrada a los barrios residenciales y sirven de nexo entre los diferentes ejes principales.

La Carretera de Castilla tiene su inicio en la salida plaza de España, donde su infraestructura e intersecciones colindantes presentan ciertas incomodidades, esta problemática será objeto del anteproyecto.

En resumen, este es un eje fundamental en la red viaria de Ferrol, tanto como para tráfico de vehículos como peatonal. Un correcto funcionamiento de este eje en su comienzo en la Plaza de España implicaría una gran mejora en la movilidad de entrada y salida al centro de la ciudad.

### 2.2. PLANEAMIENTO URBANO

El documento de planeamiento referente para este análisis es el *Plan Xeral de Ordenación Municipal de Ferrol*. Una vez analizado éste, se concluye que la obra puede ser ejecutada sin haber ningún otro tipo de actividad en las cercanías que pueda inferir en la misma.

Cabe destacar la necesidad de elaborar un correcto programa de reordenación del tráfico para que las distintas fases de la obra causen la menor afección posible en la circulación tráfico.

### 2.3. ANÁLISIS DEL TRÁFICO

Como muestra el Anejo Nº3, *Estudio del Tráfico*, el movimiento en la zona objeto más importante es el que se da en la Carretera de Castilla, sentido Ensanches. Teniendo las intersecciones con la Calle Pontevedra y la Calle Euskadi un movimiento también, relativamente importante, en comparación con este eje.

Se realizará un análisis más exhaustivo y detalle en el anejo pertinente.

### 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Como se ha definido con anterioridad, el objeto del anteproyecto se puede definir en dos actuaciones diferenciadas, una en materia de tráfico de vehículos y otra en materia de tráfico de peatones.

En primer lugar, atendiendo al tráfico de vehículos, se analizará la problemática de la rampa con su respectiva intersección semafórica. Como se ha definido anteriormente, la rampa posee una pendiente excesiva que hace que tanto la circulación como la detención y posterior arranque en la misma, debido a la intersección, acarree ciertos problemas de comodidad, funcionalidad y seguridad.

Las necesidades en este aspecto serán:

- La atenuación y reestructuración de la rampa de acceso a los viales subterráneos.
- Eliminar la congestión que se produce en la intersección.
- Agilizar los movimientos de los vehículos con la eliminación de los tiempos de espera en la intersección.

En segundo lugar y atendiendo al tráfico peatonal, se analiza el estrangulamiento que produce la infraestructura actual en la entrada de la Plaza. Cabe destacar que esta entrada sirve de nexo principal entre la ciudad y el centro neurálgico de la misma, teniendo ésta una intensidad de peatones elevada.

Las necesidades a satisfacer atendiendo a este aspecto serán:

- Ampliación de la entrada a la plaza para la mejora del tráfico peatonal.
- Comodidad y funcionalidad de los pasos de peatones aumentando su capacidad de movimiento.
- Humanización de esta entrada junto a decoración acorde con el resto de la Plaza para hacer más atractivo el paso por la misma.

Todo el proceso tendrá que llevarse a cabo teniendo en cuenta una cómoda reordenación de estos dos tráficos durante el proceso constructivo de la obra para que la afección en los mismos sea lo menor posible.

### 4. CRITERIOS DE DISEÑO

En este apartado se definirán los criterios de diseño a los que se tendrá que ceñir el diseño, dimensionamiento y realización de la solución más apropiada a nuestra problemática.

#### 4.1. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

En el ámbito de este tipo de obras civiles, la normativa y legislación es muy amplia. Se destacarán, en nuestro caso, como documentos esenciales los siguientes:

- *Norma 3.1 - IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. (Ministerio de Fomento 1999)*
- *Obras de paso de nueva construcción. (Ministerio de Fomento 2000)*
- *Carreteras Urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto. (MOPT 1993)*
- *Recomendaciones sobre glorietas. (Ministerio de Fomento 1999)*
- *Normativa Urbanística. (Concello de Ferrol 2001)*

#### 4.2. TRAZADO

En primer lugar se definirá la velocidad de proyecto, parámetro que permitirá definir las características mínimas de los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad.

La velocidad de proyecto ( $V_p$ ) tomará un valor de 40km/h para todos los viales.

##### 4.2.1. TRAZADO EN ALZADO

El valor máximo de inclinación de la rasante será del 7%, pudiéndose llegar a una pendiente excepcional del 10%.

En lo relativo a los acuerdos verticales, para la velocidad de proyecto indicada, se indican los valores de  $K_v$ , para los cuales se obtiene la velocidad de parada mínima y deseable, sin consideraciones de coordinación planta-alzado.

$V_p$ (km/h)	MÍNIMO		DESEABLE	
	$K_v$ CONVEXO (m)	$K_v$ CÓNCAVO (m)	$K_v$ CONVEXO (m)	$K_v$ CÓNCAVO (m)
40	303	568	1085	1374

#### 4.2.2. SECCIÓN TRANSVERSAL

Las dimensiones de los principales elementos de la sección transversal para ámbito urbano deberán ajustarse a los siguientes valores:

- CARRIL

Tipo de vía	Anchura recomendada (m)	Anchura mínima (m)
Urbana	3,50	3,00
Urbana de acceso	3,00	2,75

- ARCENES

Se dispondrá de un arcén interior y exterior mínimo de 0,5 m. En ocasiones excepcionales se podrá prescindir de arcén interior siempre y cuando la anchura de la mediana sea superior a 1,5 m.

- ACERAS

Tipo de vía	Anchura recomendada (m)	Anchura mínima (m)
Urbana	6,00	3,00
Local de acceso	3,00	2,50

- GÁLIBO

La altura libre no será inferior a 5,00 m en ningún punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a los vehículos.

## 5. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS

En este apartado se describen y comentan las distintas alternativas planteadas para resolver la problemática expuesta anteriormente.

### 5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ALTERNATIVAS

Se estudiarán tres alternativas con el fin de alcanzar los objetivos propuestos.

Las alternativas se fundamentan en la prolongación de los viales subterráneos, salvando, de este modo la intersección con las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya. Con esta solución, el vial que une las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya pasaría en superficie sin afectar al tráfico del paso inferior.

Además, con la eliminación del acceso a los viales subterráneos en la entrada de la Plaza de España, se evita el estrangulamiento de la misma y se gana una superficie de más de 1000 m<sup>2</sup> a favor del tráfico peatonal y de la propia estética de la plaza.

En los apéndices disponibles al final del presente anejo se adjuntan los planos de la planta, de las secciones y del perfil longitudinal de cada alternativa. La finalidad de este apéndice es la de definir las principales características geométricas y facilitar la comprensión e interpretación de cada una de ellas.

## 5.2. ALTERNATIVAS

### 5.2.1. ALTERNATIVA 1

La alternativa propone la prolongación de los viales subterráneos hasta la superación de la intersección con las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya. En este punto, superada la intersección, comenzará la rampa de acceso a los viales. Esta rampa tendrá una inclinación del 10%, una longitud en planta de 55 metros y finalizará antes de la intersección de la propia vía con las calles Pontevedra y Euskadi.

Se propone para la intersección de la Carretera de Castilla y las Calles Pontevedra y Euskadi una intersección con regulación semafórica. Esta intersección presentará ciertas limitaciones en cuanto a giros debido a que la realización de todos los giros posibles implicaría un tiempo de retención alto.

El vial subterráneo tendrá una sección de 11,50 metros de ancho y un gálibo de 5,50 metros en toda su longitud. Existirán dos carriles de salida (hacia Ensanches), cada uno de 3,30 metros de ancho, separados por una mediana de 0,50 metros del carril de entrada (hacia Plaza de España), este carril de entrada tendrá una anchura de 3,40 metros. Existirán también dos arcenes de 0,50 metros cada uno.

En superficie, además del vial de conexión de las calles Ricardo Carvalho Calero y Catalunya, existirán dos viales. Uno de ellos recogerá el tráfico de la calle Ricardo Carvalho Calero que se dirija en sentido “Ensanches”, mientras que el otro recogerá el tráfico de la Carretera de Castilla que se dirija a la Calle Catalunya.

Estos viales tendrán su origen y su fin en la intersección y en las calles objeto respectivamente.

Finalmente, se propone la humanización y decoración del nuevo espacio existente sobre los viales subterráneos en el acceso de la Plaza de España. Este espacio será únicamente peatonal y seguirá los patrones de decoración existentes en la Plaza actual con el fin de no generar discordancias.

### 5.2.2. ALTERNATIVA 2

Esta alternativa es idéntica a la *Alternativa 1* en lo que respecta al vial subterráneo, viales superficiales y nuevo espacio en la Plaza.

La principal diferencia es la creación de una glorieta en la intersección de la Carretera de Castilla y las Calles Pontevedra y Euskadi.

La publicación *Recomendaciones de Glorietas (Ministerio de Fomento, 1999)* justifica, para las características de nuestra intersección, la creación de la glorieta debido a que las intensidades de la circulación en los tramos que a ella acceden son del mismo orden de magnitud y existe una gran cantidad de tráficos de giro.

Además, esta publicación recomienda la creación de una miniglorieta debido a que el diámetro exterior no alcanza la longitud mínima establecida para la creación de una glorieta.

Se propone de este modo la creación de una miniglorieta de 4 metros. La miniglorieta permitirá la mejora de la capacidad de la intersección y de permitirá la realización de todos los giros posibles.

Cabe destacar que debido a la presencia de la intersección mediante glorieta, el vial procedente de la calle Ricardo Carvalho Calero se incorporará mediante un entronque a los viales principales antes de llegar a la propia glorieta, con el fin de mejorar la incorporación en la misma.

### 5.2.3. ALTERNATIVA 3

La solución en esta alternativa es la de la continuación de los viales hasta superar la intersección con las calles Catalunya y Euskadi. La rampa comenzaría una vez superada esta intersección y se prolongaría antes de la salida del cruce de la Carretera de Castilla con la Calle Ministro Patiño, regulando el mismo mediante regulación semafórica.

Se propone para este cruce una intersección semafórica debido a que predominan los tráficos de paso por la Carretera de Castilla sobre los de giro.

Las características de la sección de los viales subterráneos, vial superior de unión de las calles Catalunya y Ricardo Carvalho Calero y de la nueva superficie de la Plaza de España, son idénticas a las descritas en la *Alternativa 1*.

En esta ocasión, y debido al espacio limitado, la rampa tendrá una inclinación del 11% y una longitud en planta de 50 m.

Además, se propone la construcción de un único vial de doble sentido que recoja los tráficos de la Calle Ricardo Carvalho Calero hacia Ensanches y los de los Ensanches hacia la Calle Catalunya. El vial se posiciona en el centro de la sección ganando así espacio peatonal. Una vez atravesada la intersección con la calle Catalunya y Euskadi, por motivos de espacio y funcionalidad, solo continuará el vial con sentido hacia Ensanches hasta la intersección con la calle Ministro Patiño.

La intersección de la Carretera de Castilla con las calles Catalunya y Euskadi se solucionará mediante la preferencia de paso del tráfico procedente de la Calle Catalunya

## 6. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El siguiente apartado trata de indicar los criterios que se van a adoptar para la valoración de las alternativas propuestas y a qué criterios se les va a dar más o menos valor, es decir, como se va a ponderar cada uno de ellos.

### 6.1. ECONÓMICO-FINANCIERO

Este criterio tiene por objeto realizar una valoración económica de las distintas alternativas. El criterio económico-financiero tiene una gran importancia a la hora de fijar prioridades y seleccionar las obras a realizar.

Se analizará principalmente el coste de construcción puesto que los costes de conservación y mantenimiento serán similares para todas las alternativas no siendo así determinantes en la valoración.

Una gran parte del presupuesto tiene como finalidad la construcción de la estructura y la ejecución de la red viaria, realizaremos por lo tanto una valoración a partir de la longitud de los muros pantallas, superficie de losas y superficie de firmes y pavimentos.

El peso de ponderación de este criterio será de un 35%.

### 6.2. TRÁFICO Y FUNCIONALIDAD

El objeto del presente anteproyecto, tiene como finalidad principal la mejora del acceso a los viales subterráneos y de la propia intersección, por lo tanto este criterio tendrá un peso importante en la valoración de las alternativas.

De tal manera, se valorará la calidad de servicio que consigue cada alternativa. Para ello se analizará la funcionalidad, comodidad y el tiempo de paso de los vehículos de modo que se pueda concluir que alternativa propone una mayor mejora del tráfico.

El peso de ponderación de este criterio será de un 50%.

## 6.3. IMPACTO AMBIENTAL

La valoración del impacto ambiental se basará en la integración y adecuación de cada alternativa su entorno. Esta valoración se verá complementada con los parámetros subjetivos que se consideren oportunos a criterio del proyectista.

En el caso concreto de la obra objeto se considera que este criterio no tiene una relevancia tan importante como los anteriores. Esto es justificado debido a que con cualquiera de las alternativas a ejecutar, se reducen los niveles de ruidos, humos y las posibilidades de retenciones.

El peso de ponderación de este criterio será de un 50%.

## 7. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Se realizará una valoración de cada alternativa siguiendo los criterios descritos anteriormente. Es importante que esta evaluación sea coherente, en el sentido de que, para todos los criterios, la mayor puntuación se obtenga para las condiciones más favorables.

De este modo se realizará una valoración asignando un valor comprendido entre 1 y 10 a cada criterio de cada alternativa.

### 7.1. ECONÓMICO-FINANCIERO

Basándose en la definición del criterio anteriormente analizado, la alternativa 1 y 2 poseen la misma solución estructural y por lo tanto las mismas dimensiones en lo que a la estructura respecta. La diferencia entre estas dos alternativas es la incorporación de una glorieta en la alternativa 2 en sustitución de la intersección semafórica de la alternativa 1, este aspecto no hace que existan diferencias significativas de coste entre ambas.

Sin embargo la alternativa 3, posee unas dimensiones tanto de losa como de muros pantalla y firmes, muy superiores a las de las alternativas anteriores, haciendo que sea la de mayor presupuesto, siendo la diferencia de coste respecto a las alternativas 1 y 2 muy notable.

Dicho lo anterior, estas serán las puntuaciones asignadas a cada alternativa:

ALTERNATIVA	CRITERIO ECONÓMICO PUNTUACIÓN
Alternativa 1	9
Alternativa 2	8
Alternativa 3	2

## 7.2. TRÁFICO Y FUNCIONALIDAD

En lo que respecta a este criterio, la alternativa 2 propone una mejor solución en la salida del vial subterráneo que la alternativa 1. Esto se debe a que la glorieta distribuye el tráfico de forma más eficiente y permite todos los giros posibles siendo una opción cómoda, funcional y relativamente segura. Además al ser las intensidades de la circulación, en los tramos que a ella acceden, del mismo orden de magnitud, su implantación es justificada. La alternativa 1 propone en su lugar la intersección semafórica, ésta podría aumentar los tiempos de viaje debido a la detención de los vehículos en los semáforos y sería, en todos los casos, una regulación del tráfico mucho más rígida.

Por su parte, la alternativa 3 no posee un vial que permita el acceso directo a la Calle Catalunya del tráfico procedente de la Carretera de Castilla, viéndose el conductor obligado a bordear la manzana para poder acceder a la misma. Además, el tráfico de la Calle Ricardo Carvalho Calero que se dirige hacia los ensanches, deberá de atravesar dos intersecciones, una de ellas sin prioridad de paso y otra semafórica, aumentando los tiempos de viaje y a su vez añadiendo cierta incomodidad en el conductor.

Se optará finalmente por las siguientes puntuaciones:

ALTERNATIVA	CRITERIO TRAF/FUNC PUNTUACIÓN
Alternativa 1	5
Alternativa 2	9
Alternativa 3	3

## 7.3. IMPACTO AMBIENTAL

Para ninguna de las alternativas propuestas se prevé un impacto ambiental significativo, en parte, esto es debido a que la actuación se encuentra en un ámbito urbano.

El impacto visual se considerará pequeño debido a que en esencia, los viales van soterrados. Además se ganará una zona peatonal, que correctamente decorada e integrada, mejorará la estética de la zona objeto.

La diferencia, en este caso, vendrá marcada por el volumen de tierra que será necesario mover en la alternativa 3. Será necesaria una correcta gestión de estos residuos con su pertinente transporte a vertedero.

Atendiendo a lo citado anteriormente se optará por las siguientes puntuaciones:

ALTERNATIVA	CRITERIO AMBIENTAL PUNTUACIÓN
Alternativa 1	9
Alternativa 2	9
Alternativa 3	7

## 8. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A PROYECTAR

Para la selección de la alternativa a proyectar se utilizarán los conocidos como Modelos de Decisión Multicriterio. Estos modelos de análisis tienen en cuenta varios criterios de carácter técnicos, económicos o sociales a los que se les asignan pesos específicos, de tal modo que se puede llevar a cabo una valoración integrada de cada una de las alternativas.

Se realizará por lo tanto, el método de las medias ponderadas, método de Press y método de Electre.

Para todos los métodos será necesario partir de la matriz decisional que a continuación se presenta:

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	9	5	9
A <sub>2</sub>	8	9	9
A <sub>3</sub>	2	3	7
PESO	0,35	0,50	0,15

Siendo:

C<sub>1</sub> : Criterio económico – financiero  
C<sub>2</sub> : Criterio de tráfico y funcionalidad  
C<sub>3</sub> : Criterio de impacto ambiental

A<sub>1</sub> : Alternativa 1  
A<sub>2</sub> : Alternativa 2  
A<sub>3</sub> : Alternativa 3

### 8.1. MÉTODO DE LAS MEDIAS PONDERADAS

1. Matriz homogeneizada:

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	1	0,33	1
A <sub>2</sub>	0,86	1	1
A <sub>3</sub>	0	0	0

2. Matriz de valores ponderados:

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	0,35	0,165	0,15
A <sub>2</sub>	0,3	0,5	0,15
A <sub>3</sub>	0	0	0

3. Valoración de cada alternativa:

	Valor
A <sub>1</sub>	0,665
A <sub>2</sub>	<b>0,950</b>
A <sub>3</sub>	0

La mejor alternativa, será por lo tanto, la **ALTERNATIVA 2**

### 8.2. MÉTODO DE PRESS

Se partirá de la matriz de valores ponderados del apartado anterior y se calculará:

1. Matriz de Dominación:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	D <sub>i</sub>
A <sub>1</sub>	0	0,050	0,665	0,715
A <sub>2</sub>	0,335	0	0,950	1,285
A <sub>3</sub>	0	0	0	0
d <sub>i</sub>	0,335	0,050	1,615	

2. Valoración de cada alternativa:

	Valor D <sub>i</sub> / d <sub>i</sub>
A <sub>1</sub>	2,13
A <sub>2</sub>	<b>25,7</b>
A <sub>3</sub>	0

La mejor alternativa, será por lo tanto, la **ALTERNATIVA 2**

### 8.3. MÉTODODO DE ELECTRE

Se partirá de la matriz de valores ponderados del primer apartado y se calculará:

1. Matriz de índices de concordancia:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>		0,425	1
A <sub>2</sub>	0,575		1
A <sub>3</sub>	0	0	

Umbral mínimo de concordancia = 0,500

2. Matriz de índices de discordancia:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>		1	0
A <sub>2</sub>	0,150		0
A <sub>3</sub>	1	1	

Umbral máximo de discordancia = 0,525

3. Matriz de dominancia concordante:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>		0	1
A <sub>2</sub>	1		1
A <sub>3</sub>	0	0	

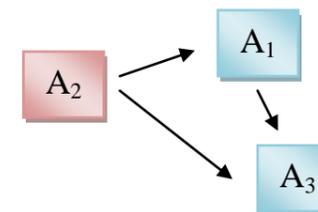
4. Matriz de dominancia discordante:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>		0	1
A <sub>2</sub>	1		1
A <sub>3</sub>	0	0	

5. Matriz de dominancia agregada:

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>		0	1
A <sub>2</sub>	1		1
A <sub>3</sub>	0	0	

6. Grafo de ELECTRE



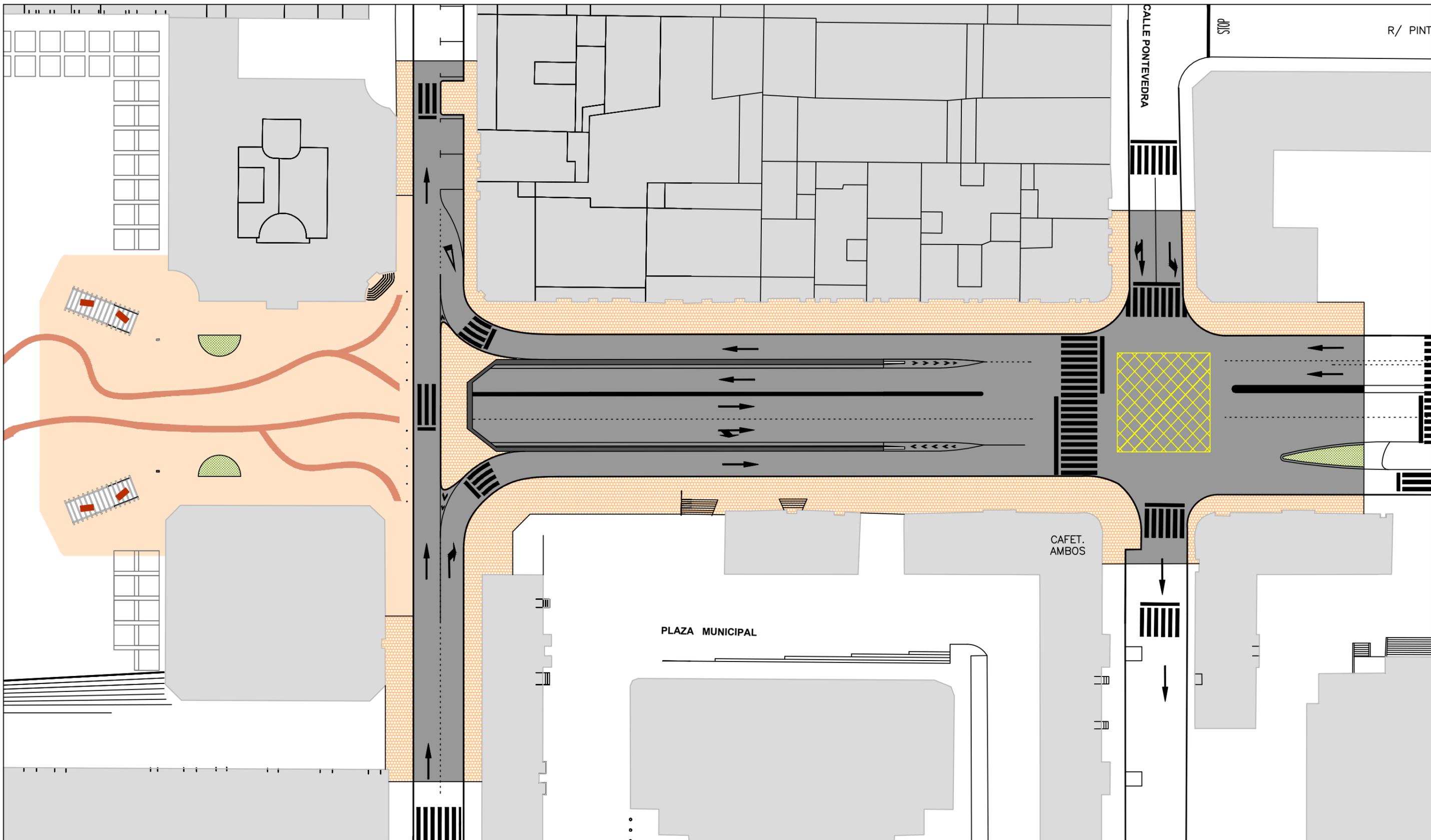
La **ALTERNATIVA 2** domina a las otras dos, por lo tanto esta será la mejor alternativa.

### 8.4. CONCLUSIÓN

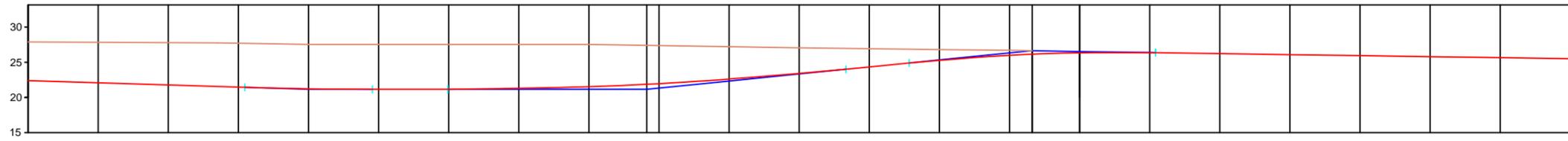
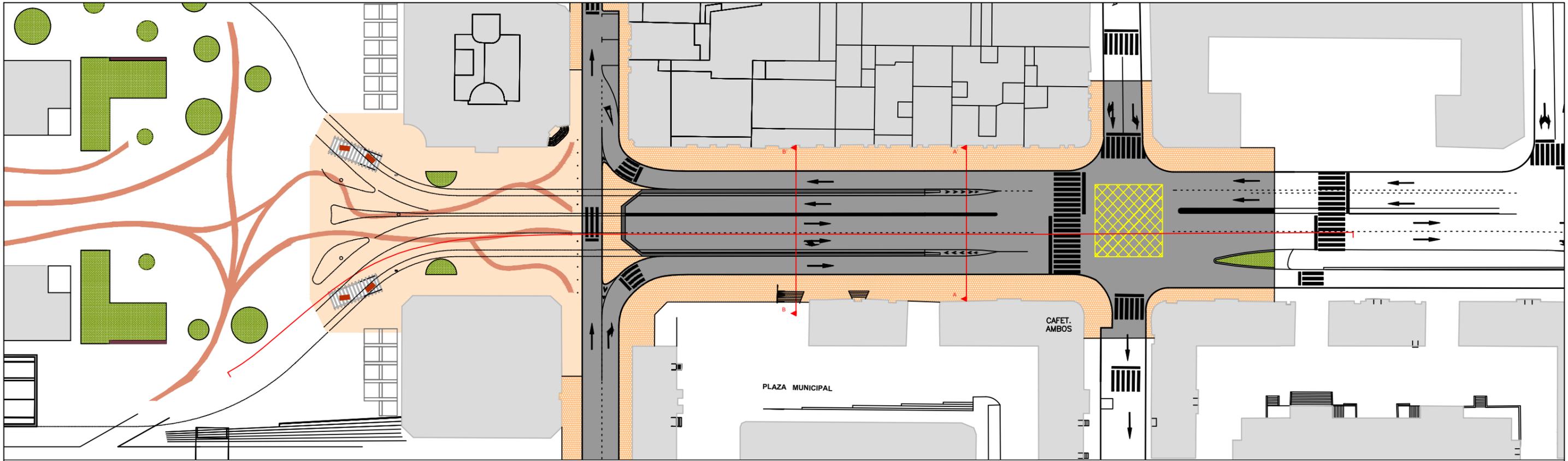
Acorde con los métodos de selección anteriores y junto a la uniformidad que todos muestran, se puede concluir que la solución óptima, por lo tanto, solución a proyectar, es la propuesta por la **ALTERNATIVA 2**.

# APÉNDICE I

# PLANOS ALTERNATIVA I



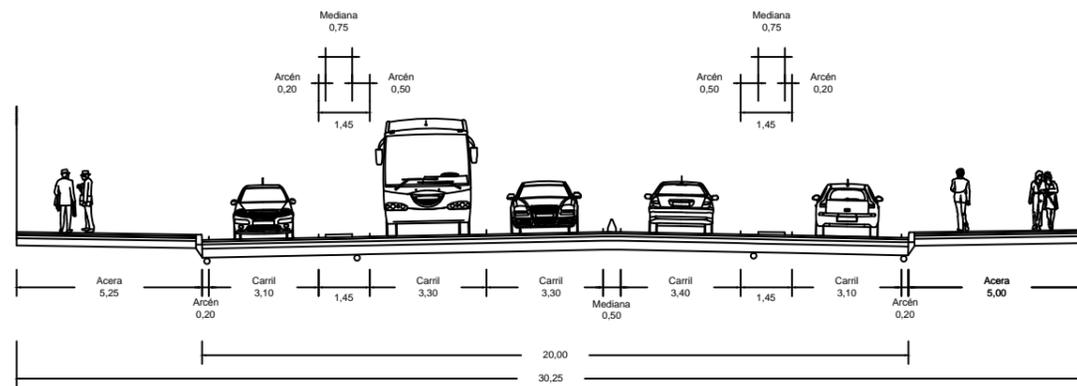
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS	AUTOR	FIRMA	REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE	ESCALA 1 / 500	PLANO	-
		ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA		TÍTULO DEL PLANO <b>PLANTA GENERAL ALT.1</b>	Fecha: SEPTIEMBRE 2014	Hoja 1 de 3	



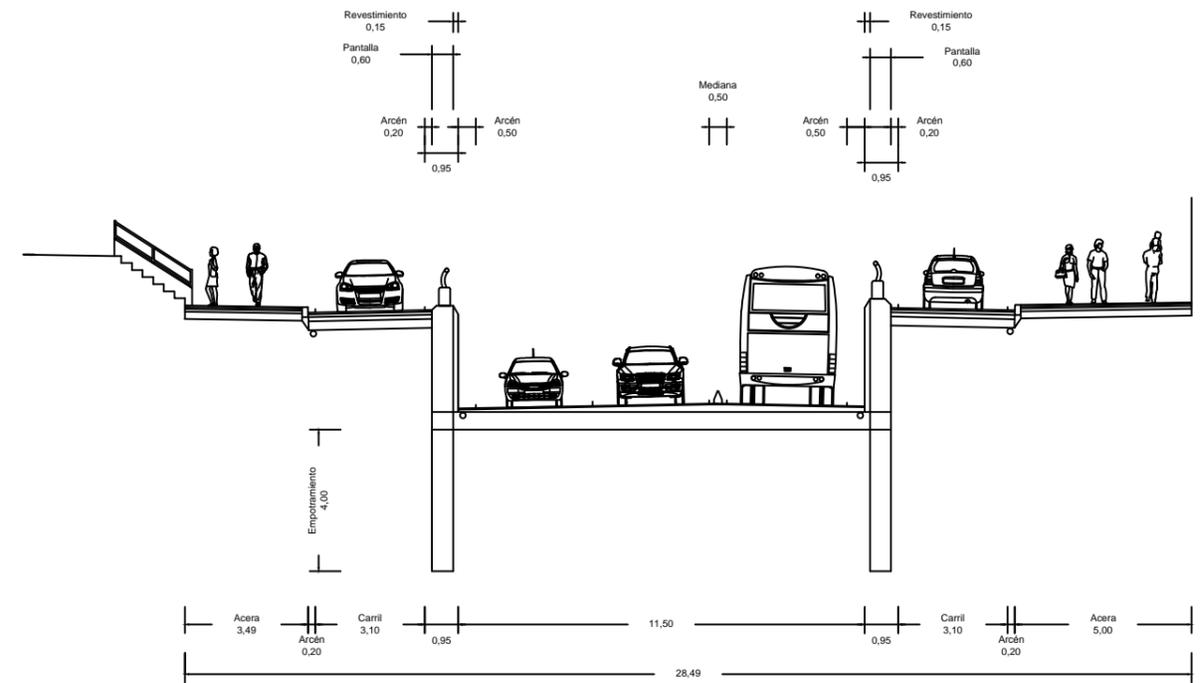
Pendiente	3.2%				0%				10%				1.5%														
Cota rasante	22.37	22.06	21.76	21.45	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.32	21.32	24.32	25.32	26.32	26.65	26.50	26.37	26.21	26.07	25.93	25.79	25.65	25.51			
Cota terreno	27.88	27.83	27.78	27.68	27.51	27.51	27.51	27.51	27.51	21.15	27.36	21.32	22.32	27.22	27.05	26.93	26.81	26.69	26.65	26.50	26.37	26.21	26.07	25.93	25.79	25.65	25.51
Numeración Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
Distancia Acumulada	0	10	20	30	40	50	60	70	80	88.25	90	100	110	120	130	140	143.25	150	160	170	180	190	200	210	220		

 	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS	AUTOR	FIRMA	REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE	ESCALA 1 / 750	PLANO	-
		ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA		TÍTULO DEL PLANO PERFIL LONGITUDINAL ALT.1	Fecha: SEPTIEMBRE 2014	Hoja 2 de 3	

Sección A-A'



Sección B-B'



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS  
CANALES Y PUERTOS

AUTOR  
ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA

FIRMA

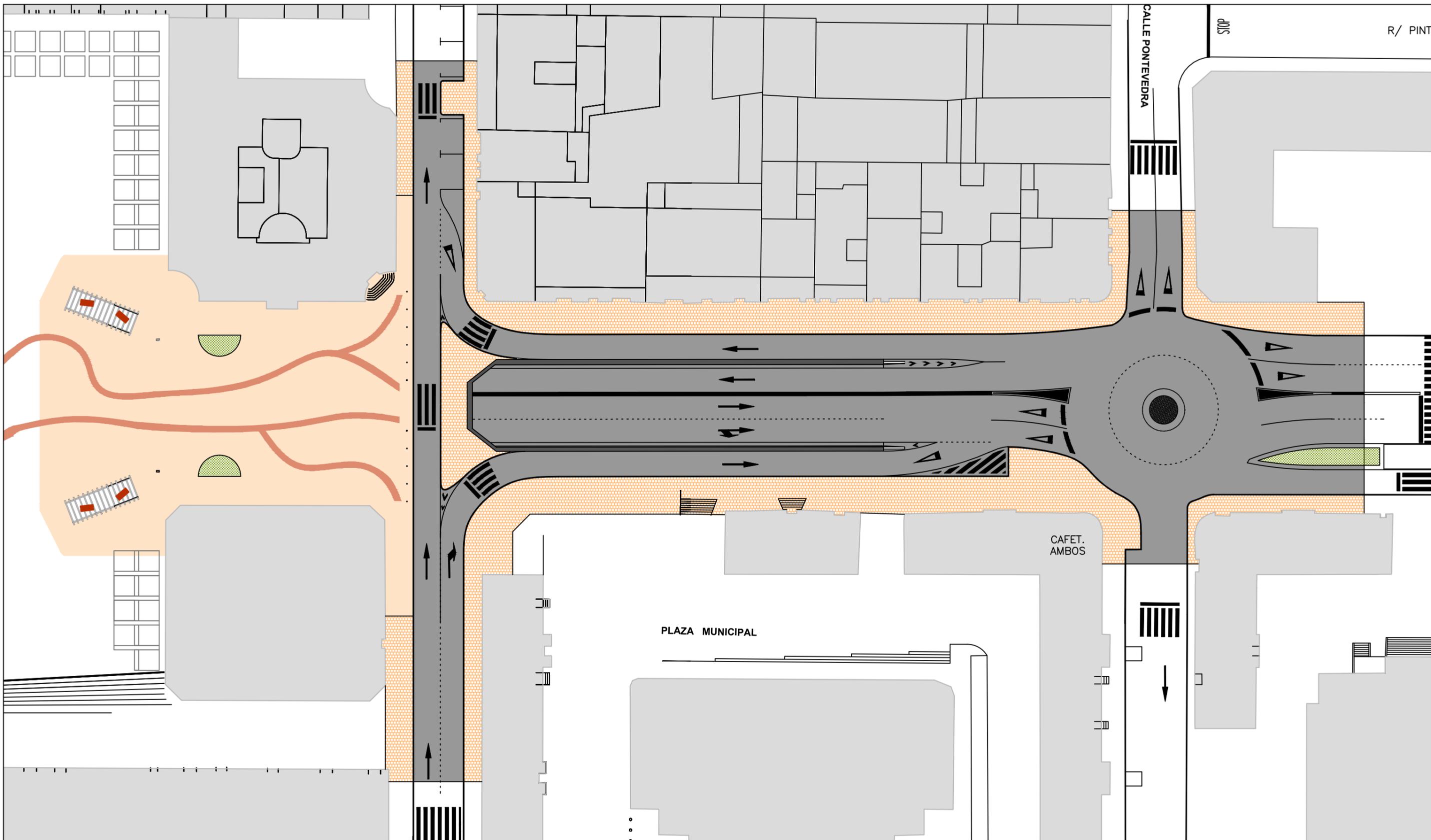
REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE  
TÍTULO DEL PLANO  
SECCIÓN TRANSVERSAL ALT.1

ESCALA 1 / 200  
Fecha: SEPTIEMBRE 2014

PLANO -  
Hoja 3 de 3

# APÉNDICE II

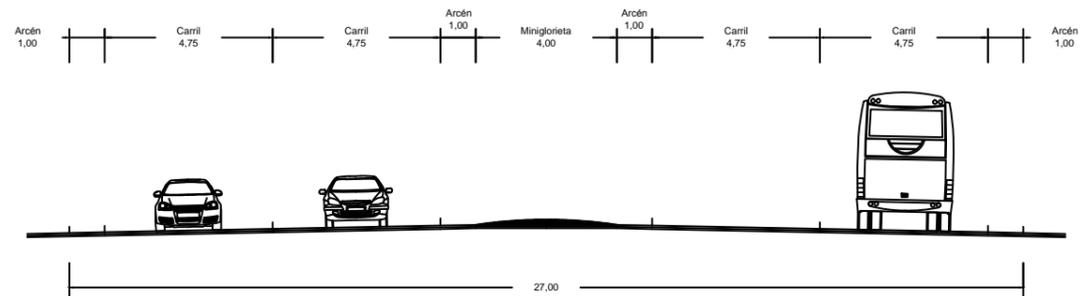
# PLANOS ALTERNATIVA II



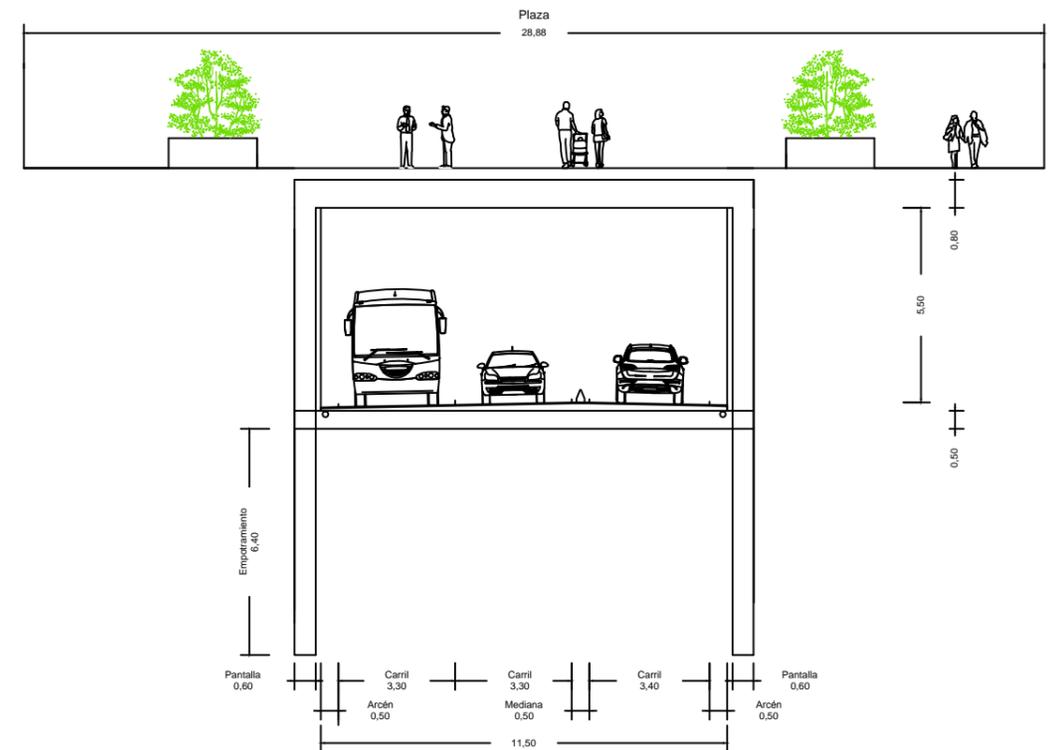
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS	AUTOR	FIRMA	REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE	ESCALA 1 / 500	PLANO	-
		ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA		TÍTULO DEL PLANO <b>PLANTA GENERAL ALT.2</b>	Fecha: SEPTIEMBRE 2014	Hoja 1 de 3	



Sección A-A'



Sección B-B'



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS  
CANALES Y PUERTOS

AUTOR  
ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA

FIRMA

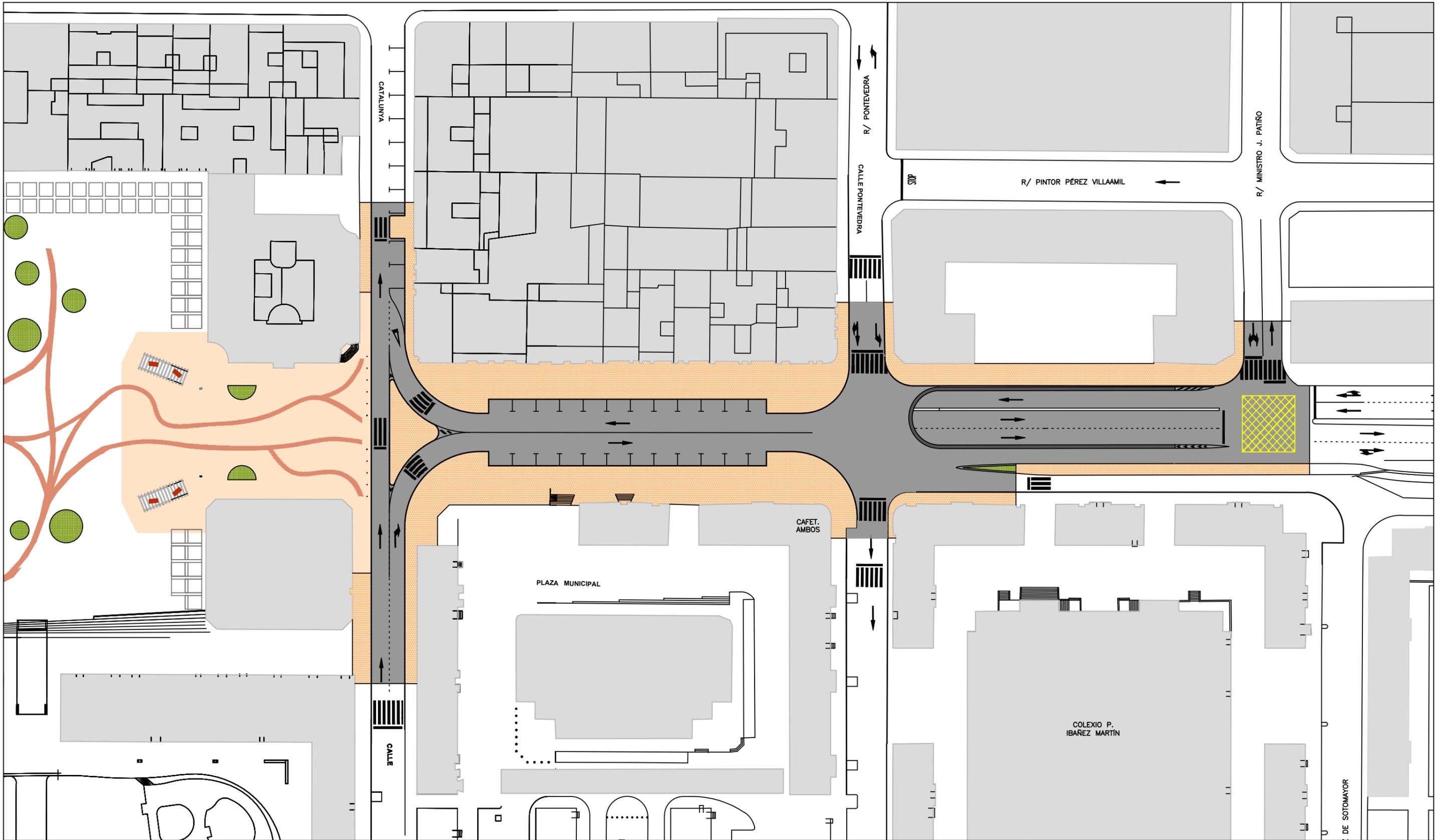
REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE  
TÍTULO DEL PLANO  
SECCIÓN TRANSVERSAL ALT.2

ESCALA 1 / 200  
Fecha: SEPTIEMBRE 2014

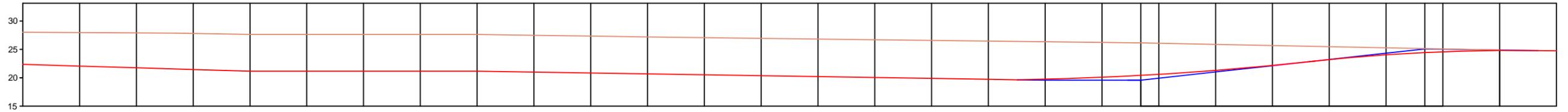
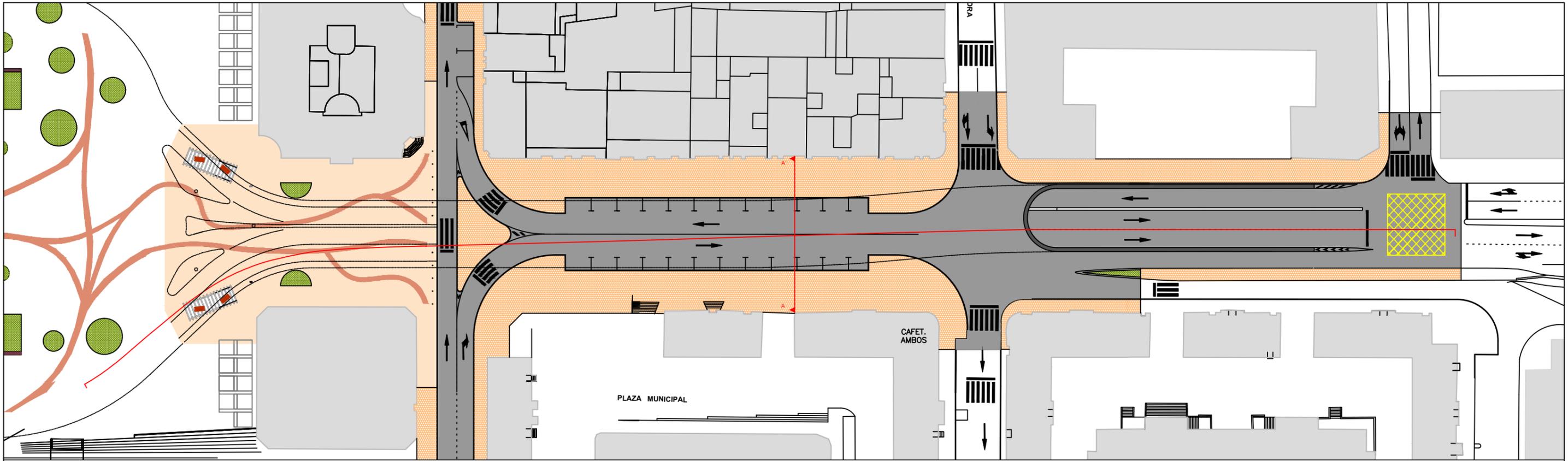
PLANO -  
Hoja 3 de 3

# APÉNDICE III

# PLANOS ALTERNATIVA III



 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS	AUTOR	FIRMA	REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE	ESCALA 1 / 750	PLANO	-
		ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA		TÍTULO DEL PLANO <b>PLANTA GENERAL ALT.3</b>	Fecha: SEPTIEMBRE 2014	Hoja 1 de 3	



Pendiente

11%

Cota rasante	22.37	22.06	21.76	21.45	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	20.99	20.83	20.68	20.52	20.36	20.20	20.04	19.89	19.73	19.57	19.57	19.57	19.57	19.92	21.02	22.12	23.22	24.32	25.07	25.03	24.89	24.75
Numeración Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	196.83	200	210	220	230	240	246.83	250	260	270	
Distancia Acumulada	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	196.83	200	210	220	230	240	246.83	250	260	270	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS  
CANALES Y PUERTOS

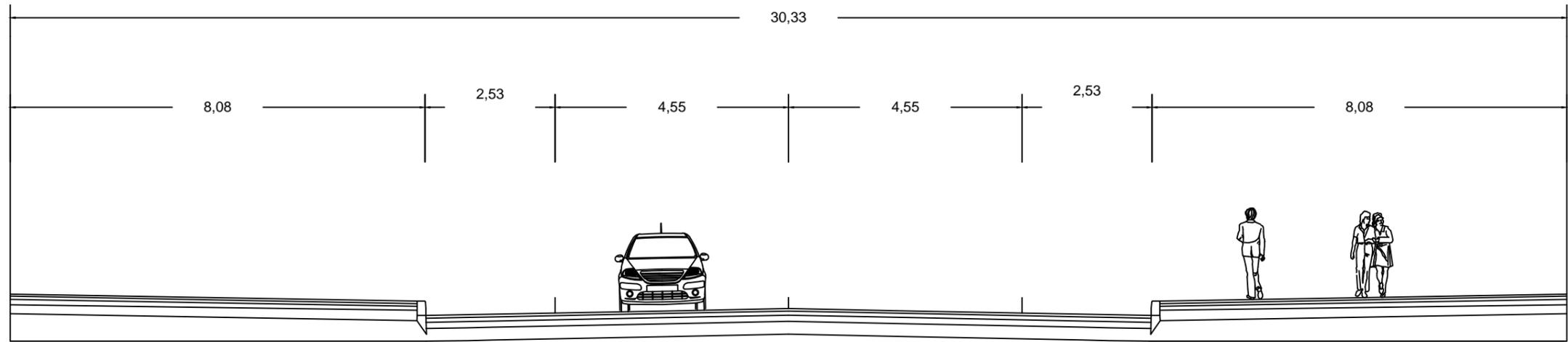
AUTOR  
ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA

FIRMA

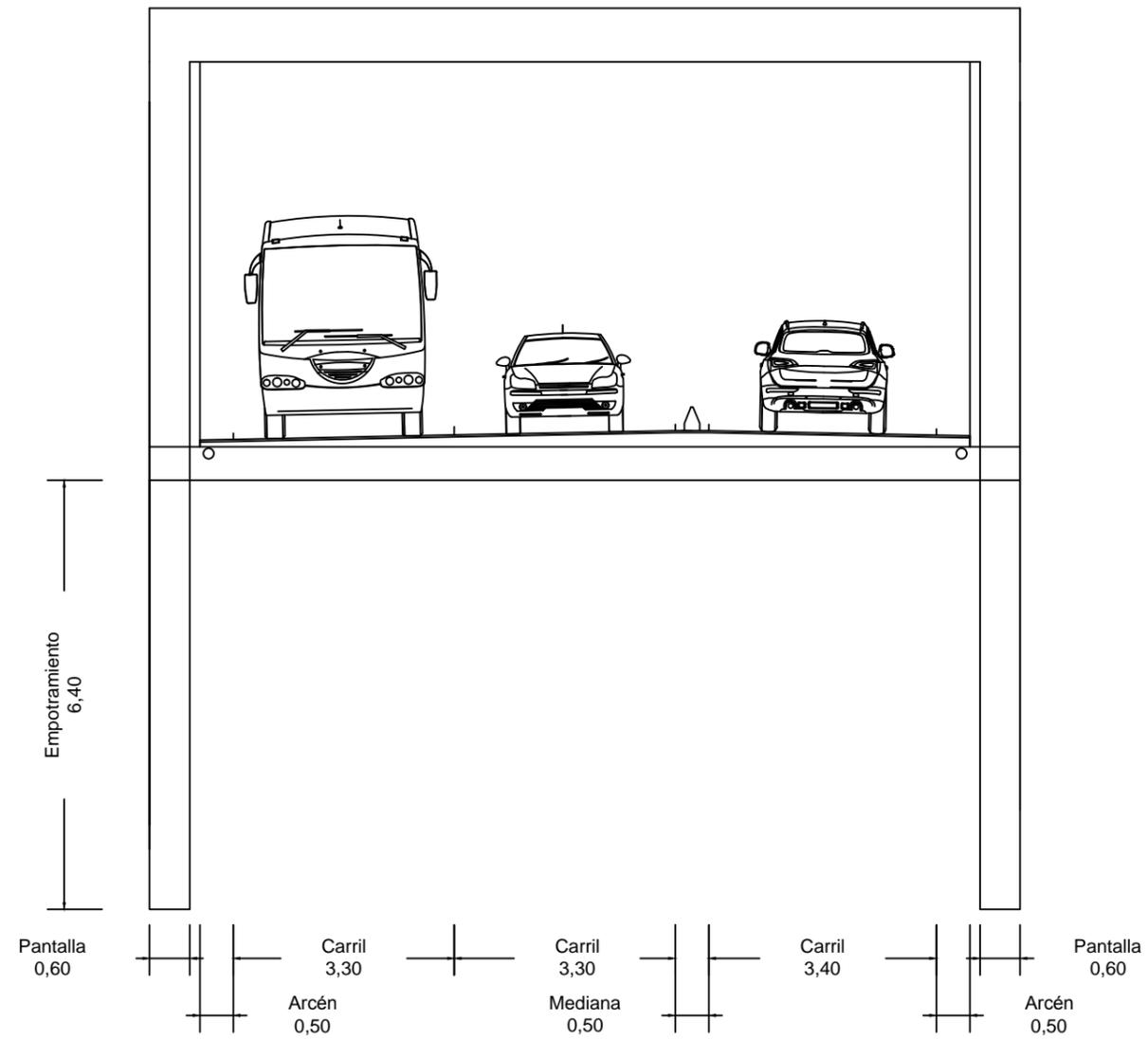
REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE  
TÍTULO DEL PLANO  
PERFIL LONGITUDINAL ALT.3

ESCALA 1 / 750  
Fecha: SEPTIEMBRE 2014

PLANO  
Hoja 2 de 3



Sección A-A'



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS  
CANALES Y PUERTOS

AUTOR  
ESTEBAN SAÑUDO COSTOYA

FIRMA

REFORMA Y HUMANIZACIÓN DE LA PLAZA DE ESPAÑA DE FERROL EN EL ACCESO NOROESTE  
TÍTULO DEL PLANO  
**SECCIÓN TRANSVERSAL ALT.3**

ESCALA 1 / 100  
Fecha: SEPTIEMBRE 2014

PLANO -  
Hoja 3 de 3

## ANEJO Nº5

# ESTUDIO DEL TRAZADO GEOMÉTRICO

## ÍNDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. TRAZADO

#### 2.1 TRAZADO EN PLANTA

##### 2.1.1 RECTAS

#### 2.2 TRAZADO EN ALZADO

##### 2.2.1 INCLINACIÓN DE LA RASANTE

##### 2.2.2 ACUERDOS VERTICALES

#### 2.3 SECCIÓN TRANSVERSAL

##### 2.3.1 NÚMERO DE CARRILES

##### 2.3.2 BOMBEO

##### 2.3.3 ALTURA LIBRE

### 3. GLORIETA

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objeto la definición de la geometría en planta, alzado y sección transversal tanto de los viales subterráneos, como la de los viales superficiales anexos así como la de la miniglorieta.

La normativa aplicable será la siguiente:

- Norma 3.1 - IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. (Ministerio de Fomento 1999)
- Recomendaciones sobre glorietas. (Ministerio de Fomento 1999)
- Carreteras urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto. (MOPT 1993)

## 2. TRAZADO

### 2.1. TRAZADO EN PLANTA

La infraestructura proyectada se compondrá esencialmente de un tramo en recta, por lo tanto no se estudiará ningún tipo de curva circular ni de curva de transición.

De este modo se estudiarán las características y limitaciones de alineación recta. Este estudio se basará en la *Norma 3.1 - IC Trazado*.

#### 2.1.1. RECTAS

Es deseable limitar las longitudes máximas de las alineaciones rectas para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos, excesos de velocidad... Por otra parte, es necesario establecer unas longitudes mínimas que produzcan una acomodación y adaptación a la conducción.

La futura infraestructura se encuentra en un ámbito completamente urbano. Las edificaciones existentes hacen que el trazado sea difícilmente modificable y que por lo tanto, sea obligatorio adaptarse al actual. De este modo, y de manera justificada, no se han tenido en cuenta las limitaciones pertinentes de las alineaciones rectas en este anteproyecto

## 2.2. TRAZADO EN ALZADO

En el caso de la definición del trazado en alzado se considerarán prioritarias las características funcionales de comodidad y seguridad. Éstas vendrán derivadas de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una variación continua y gradual de parámetros.

### 2.2.1. INCLINACIÓN DE LA RASANTE

Según lo indicado en la *Norma 3.1 - IC Trazado*, los valores máximos de inclinación de la rasante en rampas y pendientes en función de la velocidad de proyecto ( $V_p$ ) para carreteras convencionales serán los siguientes:

$V_p$ (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
80	5	7
60	6	8
40	7	10

*Los valores definidos como excepcionales, podrán incrementarse en un uno por ciento (1%) en casos suficientemente justificados, por razón del terreno (muy accidentado) o de baja intensidad de tráfico ( $IMD < 3000$ ).*

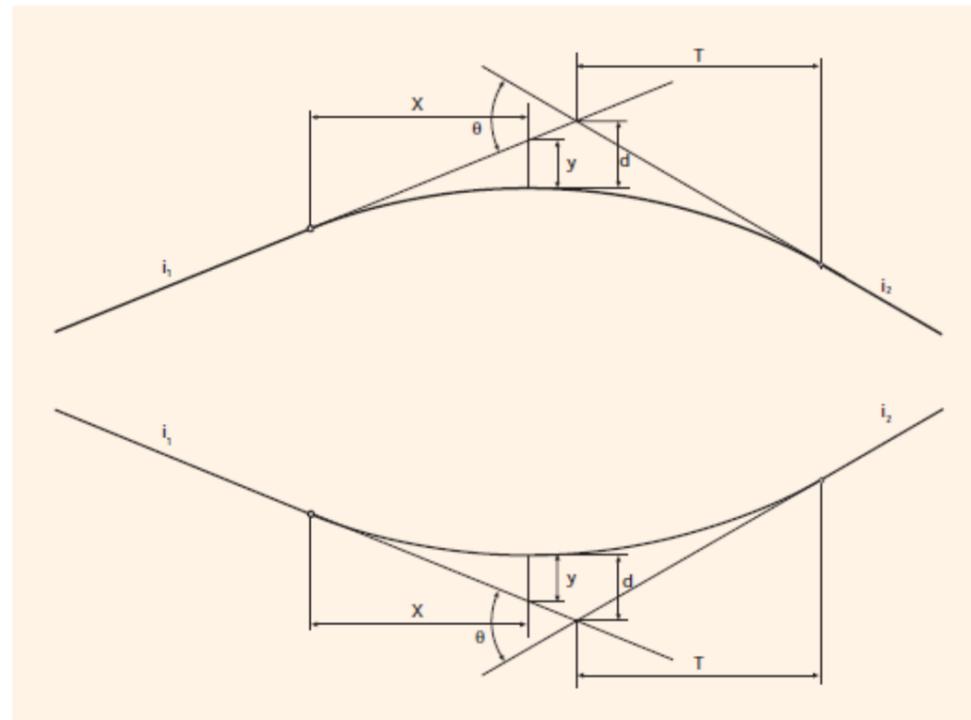
La velocidad de proyecto ( $V_p$ ) será de 40 km/h, por lo tanto la inclinación podrá llegar excepcionalmente al 10%.

La norma también indica que, para túneles de una longitud igual o menor que quinientos metros (500 m), éstos tendrán una sola inclinación de la rasante, salvo justificación de lo contrario. Debido al carácter urbano de la zona objeto, no se considerará este enunciado.

### 2.2.2. ACUERDOS VERTICALES

La curva de acuerdo será una parábola de eje vertical. A continuación se presenta la ecuación de la parábola y su representación.

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot K_v}$$



Definiremos  $K_v$  como el radio de la circunferencia osculatriz en el vértice de dicha parábola. Este  $K_v$  se denominará comúnmente “parámetro”.

Se definirá también  $\theta$  como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de los extremos del acuerdo en tanto por uno. Se cumplirá siempre que:

$$K_v = \frac{L}{\theta}$$

Siendo L la longitud de curva de acuerdo y T:

$$T = \frac{L}{2}$$

El valor del parámetro será considerado en función de la visibilidad requerida en cada situación. En la tabla siguiente se recogen, para diferentes velocidades de proyecto, los valores del parámetro con los que se obtiene la visibilidad mínima y deseable, sin consideraciones planta y alzado.

Estos valores podrán reducirse cuando por consideraciones de coordinación planta-alzado, se justifique geoméricamente que se dispone de la visibilidad de parada exigible.

$V_p$ (km/h)	MÍNIMO		DESEABLE	
	$K_v$ CONVEXO (m)	$K_v$ CÓNCAVO (m)	$K_v$ CONVEXO (m)	$K_v$ CÓNCAVO (m)
120	15276	6685	30780	9801
100	7125	4348	15276	6685
80	3050	2636	7125	4348
60	1085	1374	3050	2636
40	303	568	1085	1374

Por otra parte existen también consideraciones estéticas para la longitud de la curva de acuerdo. Debido al ámbito urbano del anteproyecto, éstas no se tendrán en cuenta.

En el plano x se definen los valores de los parámetros de los acuerdos verticales necesarios.

## 2.3. SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal se fijará en función de la intensidad y composición del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte, situado éste 20 años después de la entrada en servicio.

En los planos x se recogen los planos detallados con las dimensiones de todas las secciones tipo.

### 2.3.1. NÚMERO DE CARRILES

El número de carriles vendrá condicionado por el ancho de la calle. De este modo se procederá a proyectar los viales subterráneos con dos carriles en sentido hacia *Ensanches* y un único carril en sentido *Plaza de España*. Existirán dos viales en superficie en los extremos de los subterráneos, uno en cada sentido. La anchura de las aceras respetará los mínimos exigidos por la *Normativa Urbanística del Concello de Ferrol*.

### 2.3.2. BOMBEO

El bombeo se la plataforma en recta se proyectará de modo que se evacuen con facilidad las aguas superficiales, y que su recorrido sobre la calzada sea mínimo.

Por lo tanto, se dispondrá una inclinación transversal mínima del dos por ciento (2%) hacia cada lado a partir de la separación de ambos sentidos.

### 2.3.3. ALTURA LIBRE

Según se indica en la *Norma 3.1 - IC Trazado*, en túneles la altura libre no será inferior a cinco metros (5 m) en ningún punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a los vehículos.

Atendiendo a lo anterior, se proyectarán los viales subterráneos con un gálibo igual o mayor a 5,5 m.

## 3. GLORIETA

Debido a las limitaciones de espacio, sólo se dispone de un diámetro exterior de 27 metros, y atendiendo a la publicación *Recomendaciones sobre glorietas* se proyectará en la intersección de la Carretera de Castilla con las calles Pontevedra y Euskadi una miniglorieta.

Las miniglorietas pueden ser muy efectivas para mejorar intersecciones urbanas existentes con problemas de capacidad y seguridad. Los accesos a la misma tendrán una velocidad limitada a 50km/h

La miniglorieta tendrá una isleta circular ligeramente abombada de 4 metros de diámetro y entradas sin abocinar. El diámetro exterior será de 27 metros.

La isleta central tendrá un bombeo de 15 cm en su centro. El bombeo se construye generalmente con mezclas bituminosas y será totalmente blanco y reflexivo para facilitar su identificación.

No se colocarán señales, mojones, postes de iluminación ni ningún otro tipo de mobiliario vial en la isleta central.

Cabe destacar que la mayor parte de las miniglorietas implican giros cerrados que producen severas huellas de neumáticos, por lo tanto deben inspeccionarse de forma sistemática para asegurarse de que las isletas abombadas están intactas y son claramente visibles.

## ANEJO Nº6

# FIRMES Y PAVIMENTOS

## ÍNDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. FACTORES DE DISEÑO

#### 2.1 CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO

#### 2.2 FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

##### 2.2.1 MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

#### 2.3 SECCIONES DE FIRME

##### 2.3.1 MATERIALES PARA LAS SECCIONES DE FIRME

#### 2.4 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

##### 2.4.1 ESPESOR DE LAS CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA

### 3. SECCIÓN TIPO

### 4. ARCENES

### 5. ACERAS

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo se redacta con la finalidad de elegir, justificar y describir la solución más adecuada al tipo de firme que se dispondrá en los ejes viarios objetos del anteproyecto. Los criterios de diseño de firmes tienen una notable influencia en el coste de construcción y del posterior mantenimiento de los mismos, de este modo se seguirán criterios técnicos, económicos, de tráfico y económicos para conseguir la máxima eficiencia en el desarrollo de la infraestructura.

La normativa principalmente aplicada será la siguiente:

- Norma 6.1 IC “Secciones de firme” de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 6.3 IC: “Rehabilitación de firmes” de la Instrucción de Carreteras.

Debido al carácter académico del anteproyecto la toma de decisiones en muchas ocasiones se basará en estudios del terreno existentes realizados en la zona objeto o zonas próximas.

Se estudiarán los firmes de nueva construcción, es decir, los de la glorieta, paso inferior con sus viales anexos (Eje 1) y vial de unión entre las calles Catalunya y Euskadi (Eje 2).



## 2. FACTORES DE DISEÑO

### 2.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO

La Norma 6.1 IC “Secciones de firme” cita que la estructura del firme, deberá adecuarse, entre otros factores, a la acción prevista del tráfico, fundamentalmente del más pesado, durante la vida útil del firme.

De este modo, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados ( $IMD_p$ ) que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Dicha intensidad se utilizará para establecer la categoría de tráfico pesado.

Los datos de la  $IMD_p$  serán los obtenidos en el estudio de tráfico para el año horizonte. A partir de estas intensidades de tráfico pesado obtendremos las categorías de tráfico pesado según las tablas siguientes pertenecientes a la Norma 6.1 IC “Secciones de firme”.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
$IMD_p$ (vehículos pesados/día)	$\geq 4\ 000$	$< 4\ 000$ $\geq 2\ 000$	$< 2\ 000$ $\geq 800$	$< 800$ $\geq 200$

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
$IMD_p$ (vehículos pesados/día)	$< 200$ $\geq 100$	$< 100$ $\geq 50$	$< 50$ $\geq 25$	$< 25$

Utilizando como base los datos del anejo Nº3 Estudio de Tráfico se calculan las  $IMD_p$  en el año de puesta en servicio definiremos las categorías de tráfico pesado.

CALZADA	$IMD_p$	CATEGORÍA TRÁFICO PESADO	
		TEÓRICA	PROYECTO
Glorieta	1258	T1	T1
Paso inferior	563	T2	T2
Eje 1 Vial hacia Plaza España	125	T31	T2
Vial hacia Ensanches	183	T31	T2
Eje 2	307	T2	T2

Se realiza un cambio en el firme de ambos viales para de este modo simplificar y unificar el diseño de los paquetes de firme

## 2.2. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

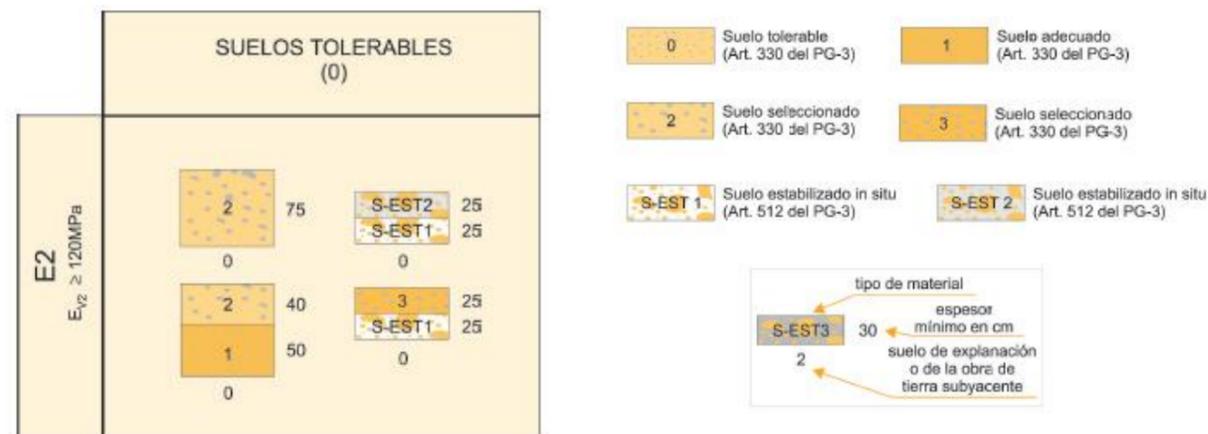
La Norma 6.1 IC “Secciones de firme”, a los efectos de definir la estructura del firme en cada caso, establece tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga ( $E_{v2}$ ), obtenido de acuerdo con la NLT-357 “Ensayo de carga con placa”.

MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD EN EL SEGUNDO CICLO DE CARGA

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
$E_{v2}$ (MPa)	$\geq 60$	$\geq 120$	$\geq 300$

Debido a la falta de datos disponibles para la realización de un correcto análisis para determinar la categoría de a explanada, nos apoyaremos en un proyecto redactado y ejecutado en las cercanías de la zona objeto en el cual se realizó un estudio geotécnico y geológico completo. Este estudio determina que se podrá considerar un el suelo de la zona como **Suelo Tolerable**.

De este modo, dadas las condiciones del suelo y del tráfico, escogeremos una categoría de explanada **E2** para todos los viales. La Norma 6.1 IC “Secciones de firme” ofrece cuatro configuraciones diferentes para explanadas de tipo E2 en suelos tolerables las cuales se presentan a continuación.



Por razones de durabilidad y uniformidad de la capacidad estructural en toda la traza, la normativa recomienda la consideración preferente de los suelos estabilizados in situ, con cal o cemento, frente a una aportación directa de suelos sin tratar. Puesto que existe en la obra un claro excedente de tierras, se tomará esta solución por ser la más indicada.

Los diferentes paquetes de firme se discriminarán entre las distintas zonas de actuación. Esto es debido a que solamente se ejecutará una nueva explanada en el final de la rampa del paso inferior y en los viales anexos. El resto de vías discurrirá sobre losa o sobre plataforma existente, no siendo necesaria ninguna mejora de la explanada existente y haciendo únicamente necesaria una retirada del firme actual mediante fresado con la posterior colocación del paquete de firme.

De esta manera se dispondrá para la formación de la explanada en primer lugar una capa de S-EST 1 de 25 cm de espesor mínimo y posteriormente una capa de S-EST 2 de 25 cm de espesor mínimo.

### 2.2.1. MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

En la siguiente tabla se relacionan los materiales utilizables en la formación de la explanada.

SÍMBOLO	DEFINICIÓN DEL MATERIAL	ARTÍCULO DEL PG-3	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
IN	Suelo inadecuado o Marginal	330	- Su empleo sólo será posible si se estabiliza con cal o con cemento para conseguir S-EST1 o S-EST2.
0	Suelo tolerable	330	- CBR $\geq 3$ (*). - Contenido en materia orgánica $< 1\%$ . - Contenido en sulfatos solubles ( $SO_3$ ) $< 1\%$ . - Hinchamiento libre $< 1\%$ .
1	Suelo adecuado	330	- CBR $\geq 5$ (*)(**).
2	Suelo seleccionado	330	- CBR $\geq 10$ (*) (**).
3	Suelo seleccionado	330	- CBR $\geq 20$ (*)
S-EST1 S-EST2 S-EST3	Suelo estabilizado in situ con cemento o con cal	512	- Espesor mínimo: 25 cm. - Espesor máximo: 30 cm.

(\*) El CBR se determinará de acuerdo con las condiciones especificadas de puesta en obra, y su valor se empleará exclusivamente para la aceptación o rechazo de los materiales utilizables en las diferentes capas, de acuerdo con la figura 1.

(\*\*) En la capa superior de las empleadas para la formación de la explanada, el suelo adecuado definido como tipo 1 deberá tener, en las condiciones de puesta en obra, un CBR  $\geq 6$  y el suelo seleccionado definido como tipo 2 un CBR  $\geq 12$ . Asimismo, se exigirán esos valores mínimos de CBR cuando, respectivamente, se forme una explanada de categoría E1 sobre suelos tipo 1, o una explanada de categoría E2 sobre suelos tipo 2.

### 2.3. SECCIONES DE FIRME

La Norma 6.1 IC “Secciones de firme” basa el dimensionamiento de las secciones de firme fundamentalmente en las relaciones, en cada tipo de sección estructural, entre las intensidades de tráfico pesado y los niveles de deterioro admisibles al final de su vida útil.

La tabla siguiente recoge las secciones de firme según la categoría de tráfico pesado y la categoría de la explanada determinadas anteriormente. Se seleccionará en cada caso concreto la más adecuada técnica y económicamente. Todos los espesores de capa señalados se considerarán mínimos en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto.

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
		T00	T0	T1	T2
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1				
	E2				
	E3				

Espesores mínimos en cm

MB Mezclas bituminosas   
 HF Hormigón de firme   
 HM Hormigón magro vibrado   
 GC Gravacemento   
 SC Suelocemento   
 ZA Zahorra artificial

(1) Para las categorías de tráfico pesado T00 y T0 se emplearán únicamente pavimentos continuos de hormigón armado con los espesores indicados.  
 (2) Capas tratadas con cemento que deberán prefiurarse con espaciados de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).  
 (3) Para poder proyectar esta solución será preceptivo que la capa superior de la explanada E2 esté estabilizada con cemento.

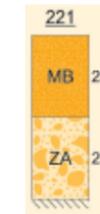
Se adoptará, para todos los viales, una sección estructural de firme flexible. Se descartará toda aquella sección de firme rígido debido a su mayor complejidad constructiva y a que actualmente todas las vías adyacentes poseen calzadas con firmes flexibles, manteniendo así la misma tipología.

También se adoptará, para todos los viales, una sección de firme con base granular. De esta manera se descartan todas las secciones con base de suelo-cemento o de grava, puesto que este tipo de bases requieren una ejecución muy controlada y pequeñas variaciones de la dosificación en peso del cemento producen comportamientos estructurales no deseados, con fisuraciones y fallos localizados durante la vida útil, además de disponer necesariamente de más medios para su correcta ejecución.

A continuación se muestra la elección del paquete de firmes para cada vial acorde a la  $IMD_p$ , la categoría de explanada y los criterios definidos anteriormente.

- Paso inferior: Sección de firme 221.
- Viales superficiales: Sección de firme 221.
- Glorieta: Se optará por un fresado de 10 cm y posterior aplicación de mezcla bituminosa.

La sección de firme 221 constará de una capa de 25 cm de zahorra artificial y una capa de 25 cm de mezcla bituminosa.



#### 2.3.1. MATERIALES PARA LAS SECCIONES DE FIRME

En la tabla siguiente se muestran los posibles materiales a utilizar en las secciones de firmes con las pertinentes prescripciones complementarias que se deberán de tener en cuenta.

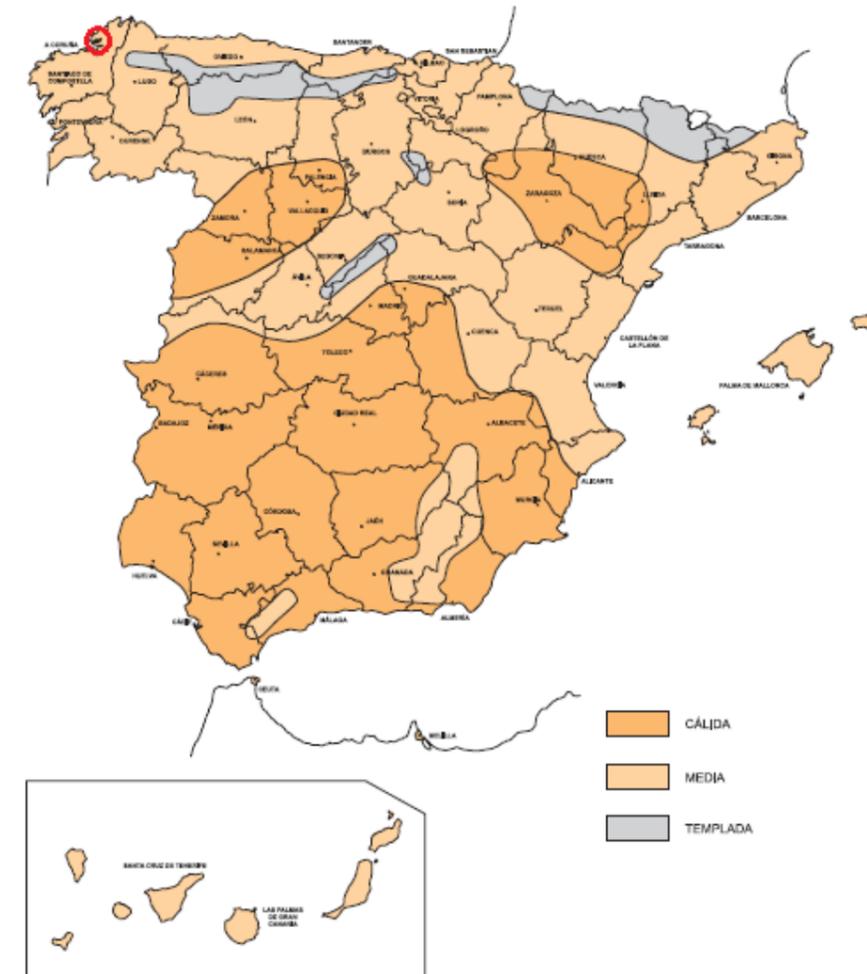
MATERIAL	COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA	LEY DE FATIGA	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
Mezclas bituminosas en caliente (D, S y G)	1	$\epsilon_r = 6,925 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$	— Ver apartados 6.2.1.1 y 6.2.1.2.
Mezclas bituminosas discontinuas en caliente (M y F)	1	—	— Ver apartados 6.2.1.1 y 6.2.1.2.
Mezclas bituminosas drenantes (PA)	1	—	— Ver apartados 6.2.1.1 y 6.2.1.2.
Mezclas bituminosas abiertas en frío (AF)	1 (*)	—	— Sólo se podrán emplear para T4 (T41 y T42). En capa de rodadura se recomienda sellar con un tratamiento superficial.
Mezclas bituminosas de alto módulo (MAM)	1,25	$\epsilon_r = 6,617 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$	— Ver apartados 6.2.1.1 y 6.2.1.3.
Pavimento de hormigón	—	—	— Ver apartado 6.2.3.
Materiales tratados con cemento	—	Gravacemento	— Espesor mínimo: 20 cm. — Espesor máximo: • 25 cm para gravacemento. • 30 cm para suelocemento. — Ver apartado 6.2.2.
		Suelocemento	
Gravaemulsión	0,75	Ley específica	— Espesor de capa: • Para T00 a T1: No admisible. • Para T2 a T4: 6 a 12 cm.
Gravaescoria	Material equivalente a la gravacemento, a la que podrá sustituir en algún tipo de soluciones.		— Espesor mínimo: 15 cm. — Espesor máximo: 30 cm.
Zahorra artificial	0,25	$\epsilon_z = 2,16 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-0,28}$	— Espesor mínimo: 20 cm (15 cm en arcenes y en secciones 3221 y 4211). — Espesor máximo: 30 cm.
Macadam	Material equivalente a la zahorra artificial, que se aplicará en algún tipo de soluciones.		— Espesor mínimo: 20 cm (15 cm en arcenes). — Espesor máximo: 30 cm.

N: número de ejes equivalentes de 128 kN (13 t).  
 $\epsilon_r$ : deformación unitaria ( $\epsilon_r$  = radial de tracción, y  $\epsilon_z$  = vertical de compresión).

$\sigma_t$ : tensión de tracción en MPa.  
 $R_F$ : resistencia a flexotracción del material en MPa.  
 (\*) Coeficiente aplicable exclusivamente en la categoría de tráfico pesado T42.

## 2.4. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

Para la elección del tipo de ligante bituminoso, así como para la relación entre su dosificación en masa y la del polvo mineral, se tendrá en cuenta la zona térmica estival, que vendrá definida en la figura que se muestra a continuación:



De este modo, la zona objeto de nuestro anteproyecto, pertenece a una zona estival media.

### 2.4.1. ESPESOR DE LAS CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA

Los espesores de cada capa vendrán determinados por los valores que se especifican en la tabla que se adjunta a continuación. Las secciones de firme, salvo justificación de lo contrario, se proyectarán con el menor número de capas posibles compatible con los valores de dicha tabla, al objeto de proporcionar una mayor continuidad estructural del firme.

En las secciones en las que haya más de una capa de mezcla bituminosa el espesor de la capa inferior será mayor o igual al espesor de las superiores.

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
	D y S		6-5	5
Intermedia	D y S	5-10(**)		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

(\*) Ver definiciones en tabla 5 o artículos 542 y 543 del PG-3.

(\*\*) Salvo en arceles, para los que se seguirá lo indicado en el apartado 7.

### 3. SECCIÓN TIPO

Según los parámetros establecidos en apartados anteriores y atendiendo a las indicaciones del PG-3 se definirán las distintas secciones tipo para cada eje viario.

#### ▪ Secciones sobre explanada E2:

Capa de rodadura: 5 cm de mezcla bituminosa tipo AC16 surf B50/70 D

Riego de adherencia: Tipo ECR-1

Capa intermedia: 8 cm de mezcla bituminosa tipo AC22 bin B50/70 S

Riego de adherencia: Tipo ECR-1

Capa base: 12 cm de mezcla bituminosa AC22 base B50/70 G

Riego de imprimación: ECI

Base granular: 25 cm de ZA-20

#### ▪ Sección sobre losa:

Se considerará una sección de firme diferente sobre la parte superior de la losa y sobre la losa de cimentación tal y como indica la *IAP-11, Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera*. En el apartado 3.1.2. de dicha Instrucción se recoge que el espesor máximo del pavimento bituminoso proyectado y construido sobre tableros de puentes, no será en ningún caso superior a diez centímetros ( 10 cm), incluida la preceptiva capa de impermeabilización y la eventual capa de regularización.

De este modo se presenta la siguiente sección;

Capa de rodadura: 3 cm de AC16 surf B50/70 D

Riego de adherencia: Tipo ECR-1

Capa intermedia: 7 cm de AC22 bin B50/70 S

Riego de imprimación: Tipo ECI

#### ▪ Sección en zona de reposición de firmes:

Tras el fresado de 10 cm se incorporará:

Capa de rodadura: 5 cm de mezcla bituminosa AC16 surf B50/70 D

Riego de adherencia: Tipo ECR-1

Capa intermedia: 5 cm de mezcla bituminosa AC22 bin B50/70 S

#### 4. ARCENES

La norma 6.1-IC cita que los arcenes de anchura no superior a 1,25 m será, por razones constructivas, prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

De este modo se aplicará este criterio constructivo a todo el conjunto de arcenes puesto que ninguno de estos es superior en anchura a 1,25 m.

#### 5. ACERAS

El Plan General de Ordenación Municipal de Ferrol establece una anchura mínima para las aceras de 1,5 m, de este modo, todas las aceras pertenecientes al ámbito del proyecto tendrán una anchura igual o mayor.

Las aceras estarán compuestas de:

- 20 cm de sub-base de zahorras seleccionadas.
- 8 cm de solera de hormigón HM-20/B/20/IIa.
- 5 cm de capa de asiento de mortero de hormigón.
- Baldosa abujardada granítica beige de 60 x 40 x 5 cm.

En los pasos de peatones se dispondrán el mismo tipo de baldosas pero de superficie más rugosa y color rojizo.

Para separar la acera de la calzada se utilizarán bordillos prefabricados de clase T-3.

El siguiente esquema muestra las dimensiones (en cm) de la sección del mismo.

