

**Gobierno
de Canarias**Consejería de Presidencia,
Administraciones Públicas,
Justicia y Seguridad

Dirección General de la Función Pública

Tribunal Calificador de las pruebas selectivas para el ingreso por Acceso Libre en el Cuerpo Superior Facultativo, Escala de Arquitectos e Ingenieros, Especialidad de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Grupo A, Subgrupo A1), de la Administración Pública de la Comunidad Autónoma de Canarias, convocadas por Resolución de 29 de noviembre de 2023.

Código convocatoria: AIICCL23

SUPUESTO PRÁCTICO N°1: CARRETERAS

En una de las 8 Islas Canarias existen dos poblaciones A y B, que se ubican en un entorno de alto valor paisajístico y ambiental. A pesar de la gran importancia de ambas poblaciones tanto por su actividad económica como social, no existe actualmente ninguna vía que las conecte, por lo que la Dirección General de Infraestructura Viaria está llevando a cabo un estudio de alternativas, como primer paso para acometer dicha actuación.

Esta nueva vía será un tramo de la carretera de interés regional CAC-3, y tendrá sección tipo de autovía con dos calzadas (una por sentido) y dos carriles de circulación para cada sentido de 3,50 metros de anchura. Su trazado debe ajustarse al de una autovía del grupo 2 de la instrucción de trazado 3.1 IC, con una velocidad de proyecto de 100 km/h, es decir, de denominación A-100.

La zona se caracteriza por un orografía bastante accidentada, aspecto relacionado con los materiales que afloran, y que básicamente consisten en basaltos masivos de calidad buena, caracterizados por un RMR de 70 puntos, aproximadamente. Otro condicionante relevante guarda relación con la protección ambiental, existiendo un espacio natural protegido que ha sido declarado tanto ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) como ZEC (Zona de Especial Conservación), formando parte por tanto de la Red Natura 2000.

Para el año de puesta en servicio se estima una IMD de 72.000 vehículos/día (suma de ambos sentidos), así como una tasa de circulación de vehículos pesados del 5%. Asimismo, se prevé un crecimiento del tráfico del 1% anual, hasta el año horizonte (20 años tras la puesta en servicio).

En el plano de planta adjunto, se ha representado el trazado proyectado para cada una de las 5 alternativas inicialmente planteadas por el novel consultor contratado, a escala 1:10.000, prescindiendo a este nivel de detalle de las curvas de transición, por lo que solo se han representado alineaciones rectas y curvas circulares (en las que se indica su radio en metros), así como curvas de nivel cada 20 metros, junto con la ubicación del espacio natural protegido, en color gris.

Igualmente, forman parte del enunciado los perfiles longitudinales de cada una de las alternativas en planta estudiadas, en los que se ha representado únicamente el terreno natural, puesto que, para cada una de ellas aun no se ha definido un trazado en alzado.

A la vista del planteamiento realizado, y teniendo en cuenta la normativa estatal que sea de aplicación, así como estimando aquellos valores que el opositor estime necesarios, se pide:

- a) Definir el trazado que se considere óptimo eligiendo para ello, explícitamente, una de las 5 alternativas de trazado en planta, y dibujando el perfil longitudinal de la rasante a proyectar

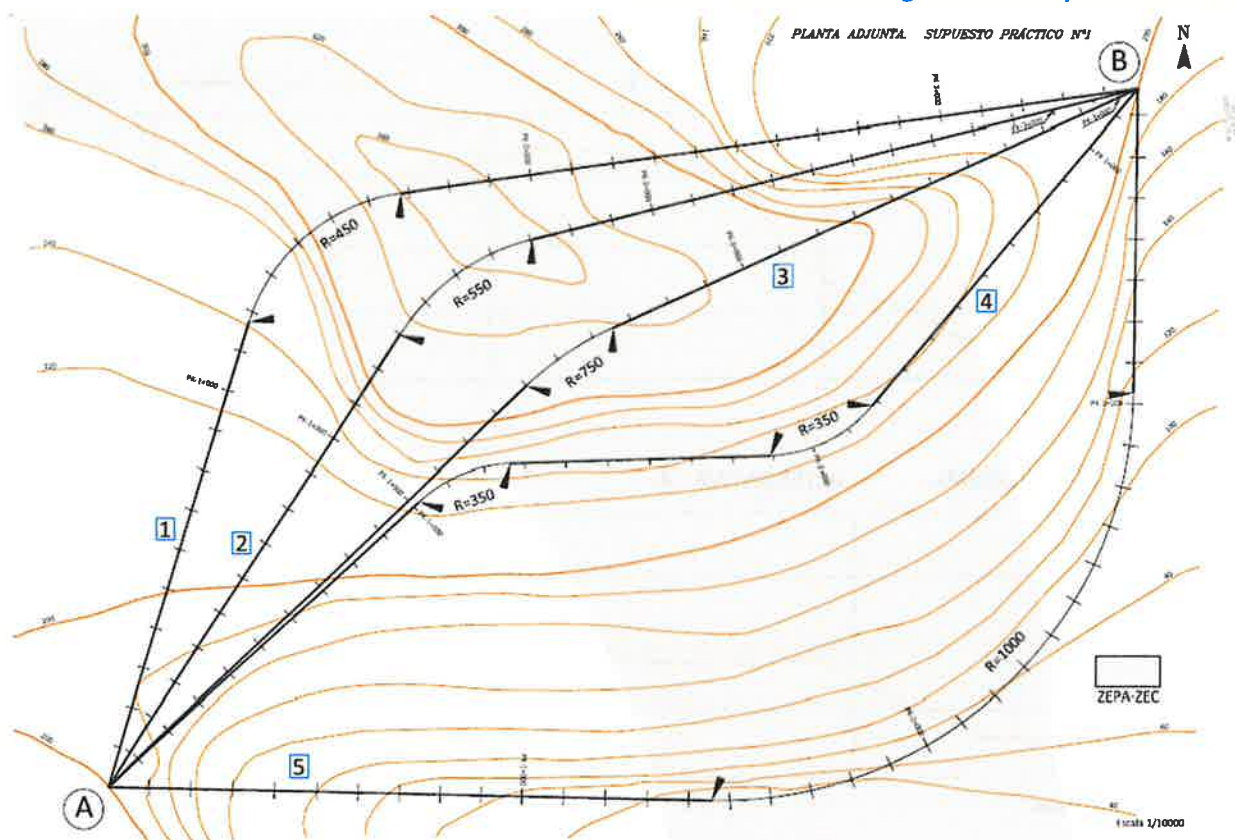


(prescindiendo de curvas de acuerdo, es decir, únicamente rampas y pendientes) sobre el perfil del terreno aportado en el enunciado, para dicha alternativa, indicando los posibles puntos singulares de dicho trazado. No será necesario prestar atención a la coordinación del trazado en planta y alzado. **(2,50 puntos)**

b) Justificar detalladamente y de forma comparada con el resto de alternativas, la elección del trazado realizada, indicando aquellos aspectos que se han tenido en cuenta. **(3,00 puntos)**

c) Diseñar el firme (combinación de explanada y sección de firme, únicas para todo el trazado proyectado) que se considere más apropiado para dicha actuación, justificando la elección. **(3,00 puntos)**

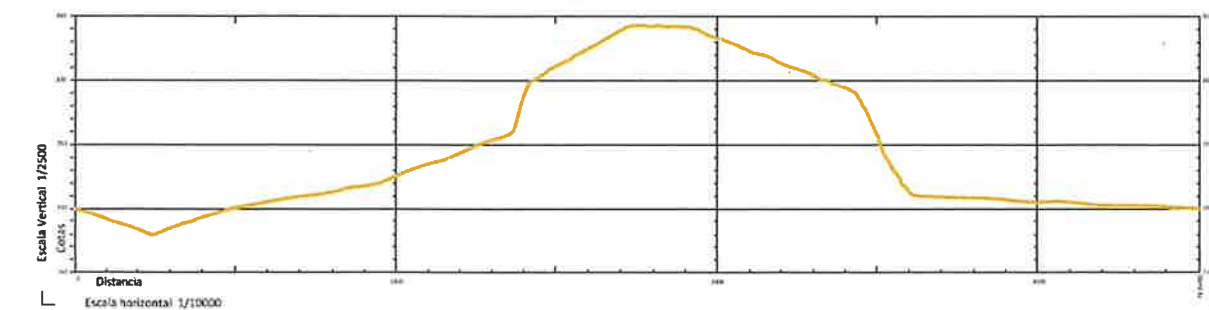
d) Indicar si resulta procedente el sometimiento del proyecto de construcción de esta actuación a algún procedimiento de evaluación ambiental. **(1,50 puntos)**



PERFIL LONGITUDINAL

ALTERNATIVA 1

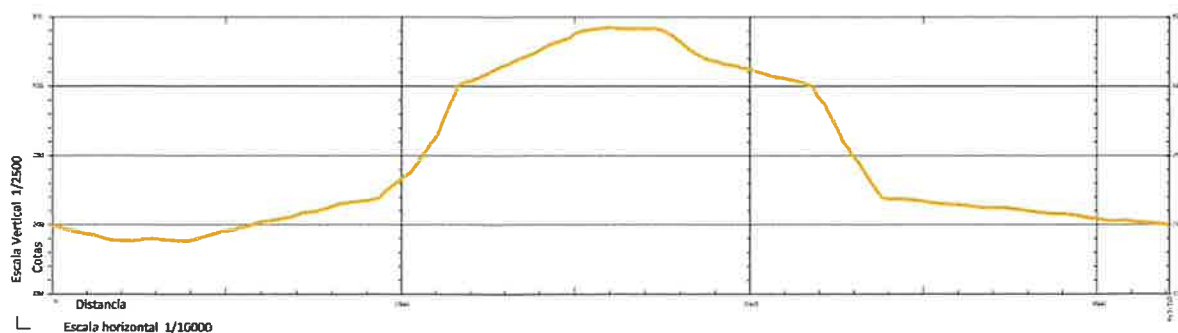
PERFIL DEL TERRENO NATURAL

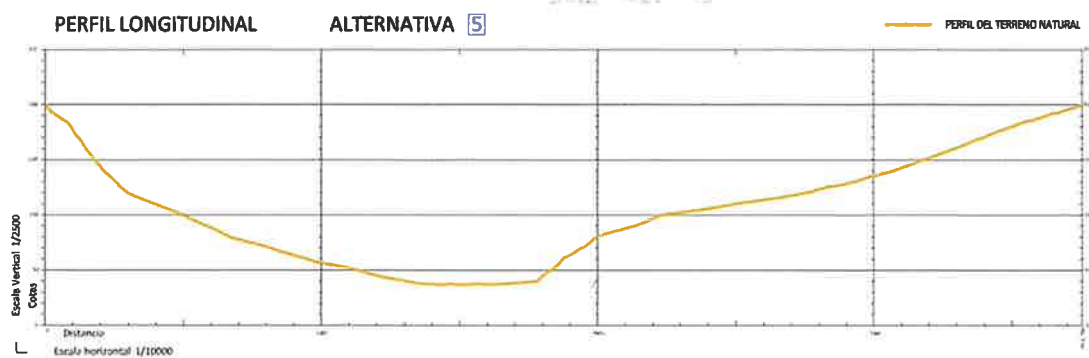
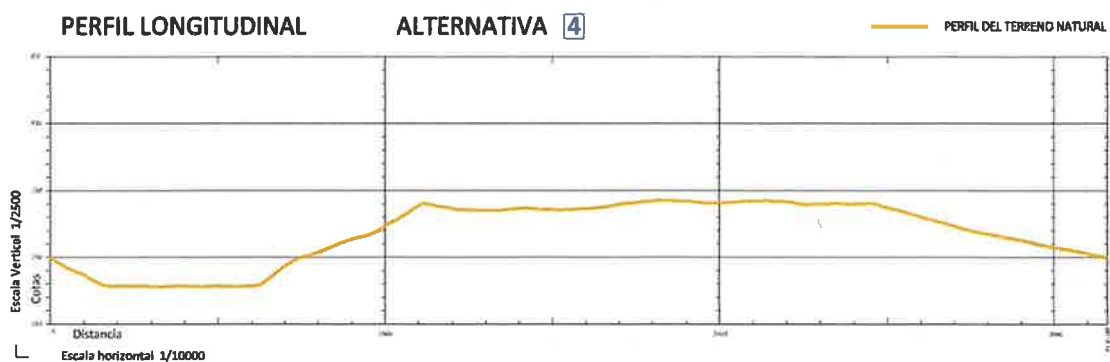
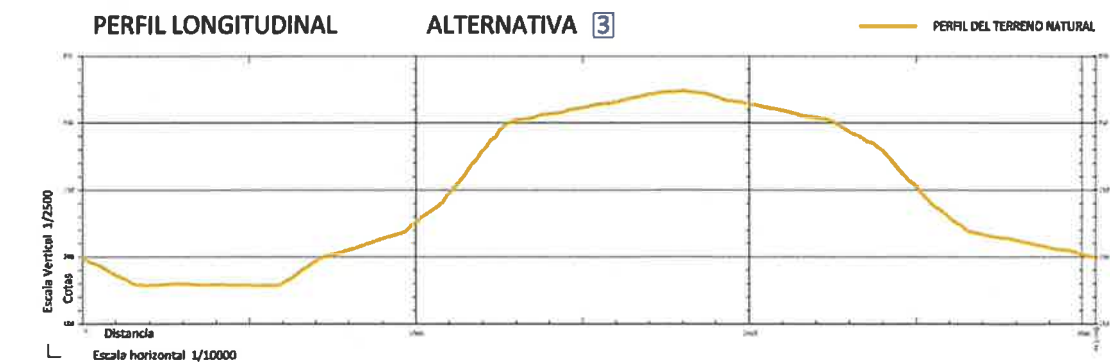


PERFIL LONGITUDINAL

ALTERNATIVA 2

PERFIL DEL TERRENO NATURAL





PREGUNTAS:

- a) Definir el trazado que se considere óptimo eligiendo para ello, explícitamente, una de las 5 alternativas de trazado en planta, y dibujando el perfil longitudinal de la rasante a proyectar (prescindiendo de curvas de acuerdo, es decir, únicamente rampas y pendientes) sobre el perfil del terreno aportado en el enunciado, para dicha alternativa, indicando los posibles puntos singulares de dicho trazado. No será necesario prestar atención a la coordinación del trazado en planta y alzado. (2,50 puntos).

A efectos de la 3.1 IC se considerarán los parámetros relativos a las carreteras A-100 tal y como indica el enunciado.

En primer lugar, vamos a analizar el trazado en planta y posteriormente el trazado en alzado.

Trazado en planta:

El apartado 4.2.1 de la 3.1 IC recoge dentro del trazado en planta las longitudes máximas y mínimas en rectas. El tramo de carretera tiene una velocidad de proyecto de 100 km/h, por lo que las longitudes máximas y mínimas recomendables en alineaciones rectas serán:

V_p (km/h)	$L_{mín,0.5}$ (m)	$L_{mín,0.6}$ (m)	$L_{máx}$ (m)
140	195	389	2 338
130	181	361	2 171
120	167	333	2 004
110	153	306	1 837
100	139	278	1 670
90	125	250	1 503
80	111	222	1 336
70	97	194	1 169
60	83	167	1 002
50	69	139	835
40	56	111	668

+

Analizando las 5 alternativas, y sabiendo que la escala de la planta adjunta es de 1/1000 se puede comprobar en la alternativa 1 que la longitud del tramo recto entre el final de la curva de $R = 450$ m y el punto B es de 1.750 metros. Al ser mayor de 1.670 metros no cumpliría la tabla 4.1 de la 3.1 IC por lo tanto descartamos esta alternativa.

Por otro lado, el apartado 4.3.2 de la 3.1 IC indican los radios mínimos de las curvas circulares (tabla 4.4):

TABLA 4.4

RELACIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO - RADIO MÍNIMO - PERALTE MÁXIMO

VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 Y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 Y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 Y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	---	---	---	---
130	850	8,00	---	---	---	---
120	---	---	700	8,00	---	---
110	---	---	550	8,00	---	---
100	---	---	450	8,00	---	---
90	---	---	350	8,00	350	7,00
80	---	---	250	8,00	265	7,00
70	---	---	---	---	190	7,00
60	---	---	---	---	130	7,00
50	---	---	---	---	85	7,00
40	---	---	---	---	50	7,00

El radio mínimo será por tanto de 450 metros. La alternativa 4 incluye radios de 350 metros. Al ser inferiores a los mínimos, se descarta también esta alternativa.

Llegados a este punto queda decidirse entre las alternativas 2, 3 y 5. Antes de pasar a analizar su trazado en alzado es importante tener en mente que:

ALTERNATIVA	Tramo afección RN 2000 (ml)	Longitud total (m)	Curva circular en planta
2	1160	3.210	Radio de 550 m
3	1250	3.045	Radio de 750 m
5	1000	3.755	Radio de 1.000m

Trazado en alzado:

El apartado 5.2.1 de la Norma 3.1 IC indica la inclinación máxima de rampa/pendiente según la velocidad de proyecto (V_p):

- Autopistas y autovías:

TABLA 5.1

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	RAMPA / PENDIENTE MÁXIMA (%)
140, 130, 120, 110 y 100	4
90 y 80	5

Para la A-100 tenemos una **pendiente máxima del 4%**. Para la resolución de este ejercicio se respetará ese 4% aunque es cierto que la norma añade que:

- En casos suficientemente justificados y, previa realización de un estudio económico de los costes de explotación, los valores anteriores podrán incrementarse en un 1%.
- Por otra parte, en el caso de que las calzadas tengan trazado en alzado independiente, los valores de la inclinación de la calzada en pendiente podrán incrementarse también en un 1% adicional.

Se tendrá en cuenta para el diseño del perfil longitudinal del tramo que el valor mínimo de la inclinación de la rasante no será menor que cinco décimas por ciento ($\nless 0,5\%$). Excepcionalmente, la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior a dos décimas por ciento ($\nless 0,2\%$), tal y como indica el apartado 5.2 de la Norma 3.1 IC.

Atendiendo a los diferentes perfiles longitudinales, y partiendo de la premisa de **empezar y terminar a cota 200**, encontramos que:

- **Alternativa 2:** Se puede ajustar el trazado bastante bien al terreno natural en los tramos iniciales y finales sin necesidad de acudir a pendientes y rampas máximas, necesitando un **túnel de unos 1.600 m de longitud en su tramo central**.
- **Alternativa 3:** En el tramo inicial desde el punto A para minimizar el terraplén necesario y evitar un viaducto habrá que recurrir a la rampa máxima. Posteriormente, y al igual que en la alternativa 2, se requerirá **un túnel de unos 1.650 metros**, terminando con una pendiente máxima del 4% que se ajusta bien al terreno (pequeño terraplén).
- **Alternativa 5:** Rampa con inclinación máxima desde el inicio requiriendo además un viaducto de mínimo 2.200 metros, además de grandes terraplenes en los extremos del tramo. La altura máxima de desnivel entre rasante de trazado y suelo natural será de unos 100 metros.

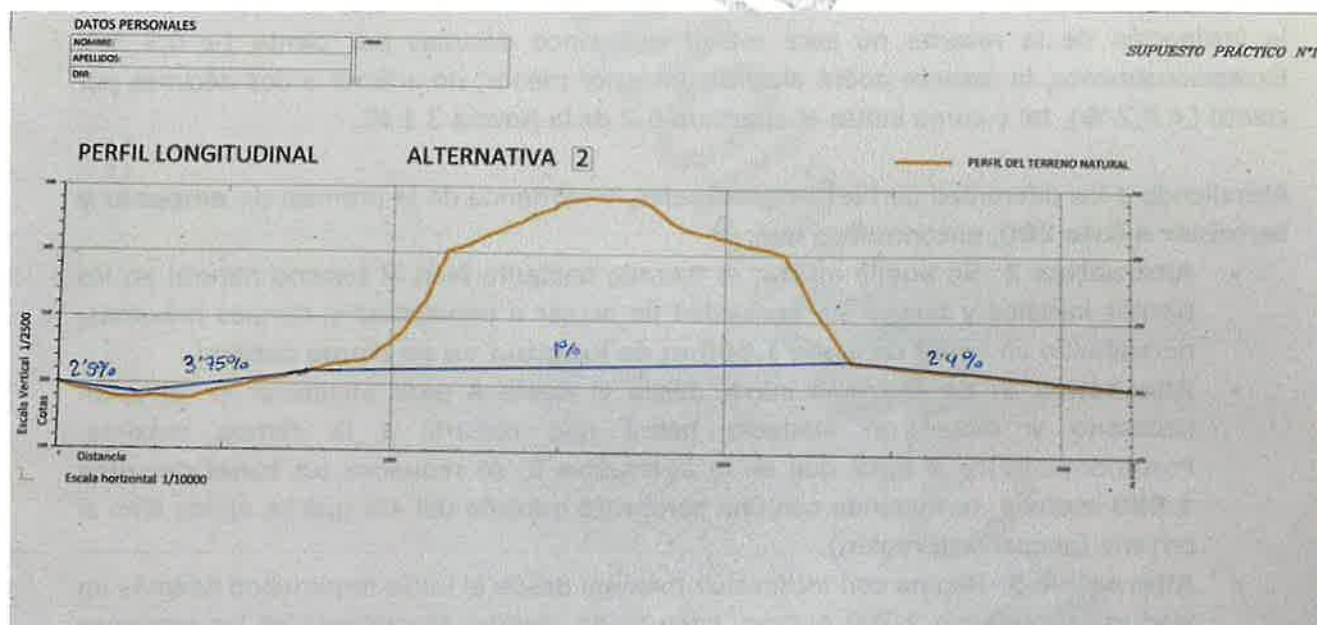
Hay que destacar que desde el punto de vista ambiental (sabiendo además que los macizos son de roca competente con RMR de 70-CLASE II) se generarían menos impactos ambientales con un túnel que con un viaducto, al hacer el viaducto mayor efecto barrera, contaminación acústica y paisajística.

Como aspectos a destacar a modo resumen tenemos que:

ALTERNATIVA	Estructuras necesarias	Longitud total (m)
2	1.600 m (túnel)	Se ajusta bien al terreno natural sin necesidad de emplear pendientes/rampas máximas.
3	1.650 m (túnel)	Se ajusta bien al terreno natural empleando pendientes/rampas máximas.
5	Mínimo 2.200 m (viaducto)	No se ajusta bien al terreno

Por todo ello, se selecciona la alternativa 2.

El perfil longitudinal quedaría:



NOTA: por falta de datos (y tiempo) para resolver el examen, no se ha analizado desde otro punto de vista como el económico o técnico de túnel frente a viaducto.

b) Justificar detalladamente y de forma comparada con el resto de alternativas, la elección del trazado realizada, indicando aquellos aspectos que se han tenido en cuenta. (3,00 puntos)

Esta pregunta ha quedado contestada durante la justificación del apartado anterior (para una mayor explicación de la resolución).

Los aspectos fundamentales que nos ha llevado a seleccionar la alternativa 2 han sido:

- Alternativa 1 descartada al exceder uno de los tramos la longitud máxima de recta en el trazado en planta.
- Alternativa 4 descartada al emplear un radio inferior al mínimo.
- Las alternativas 2, 3 y 5 podrían ser válidas, sin embargo:
 - Se descarta la 5 al ser la que peor se adapta al terreno natural, necesitando un viaducto de considerable extensión y altura a salvar.
 - Entre las alternativas 2 y 3, la 3 necesita emplear pendientes y rampas máximas, mientras que la 2 no lo necesita (se adapta mejor al terreno). Los túneles que serían necesarios en ambos casos serían parecidos (algo más largo el de la alternativa 3). La afección a RN 2000 es de menor extensión en la alternativa 2 que en la 3, aunque la longitud total es mayor en la 2. Se opta en base a estas consideraciones por la alternativa 2.

c) Diseñar el firme (combinación de explanada y sección de firme, únicas para todo el trazado proyectado) que se considere más apropiado para dicha actuación, justificando la elección. (3,00 puntos)

La sección estructural del firme depende en primer lugar de la IMDp que se prevea en el carril de proyecto del año de puesta en servicio.

En este caso el enunciado nos aporta el % de vehículos pesados y la IMD del año de puesta en servicio (como suma de ambos sentidos). Sabemos además que cada calzada tiene 2 carriles.

La IMDp a considerar será, por tanto:

$$\text{IMDp} = \text{IMD} * \% \text{ veh pesados} * \% \text{ reparto} = 72.000 * 0,05 * 0,5 = 1.800 \text{ vp.}$$

Es decir, según la Tabla 1.A de la Norma 6.1 IC de Firmes estamos ante un tráfico pesado T1.

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T3	T32	T4	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Sabemos que afloran en el trazado basaltos masivos de buena calidad, por lo que tenemos un sustrato rocoso.

Dispondremos (para la A-100) una categoría de explanada E3. La figura 1. "Formación de la explanada" de la 6.1 IC establece que será necesario regularizar la superficie mediante el empleo de HM-20:

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTE) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (T)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 E ₁₀₀ a 0,00 m					
	E2 E ₁₀₀ a 1,50 m					
	E3 E ₁₀₀ a 3,00 m					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3) T Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3) 1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3) 2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) 3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) Tipo de material: espesor mínimo en cm 2 Suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Para diseñar la sección de firme, hay que analizar la figura 2.1 de la 6.1 IC:

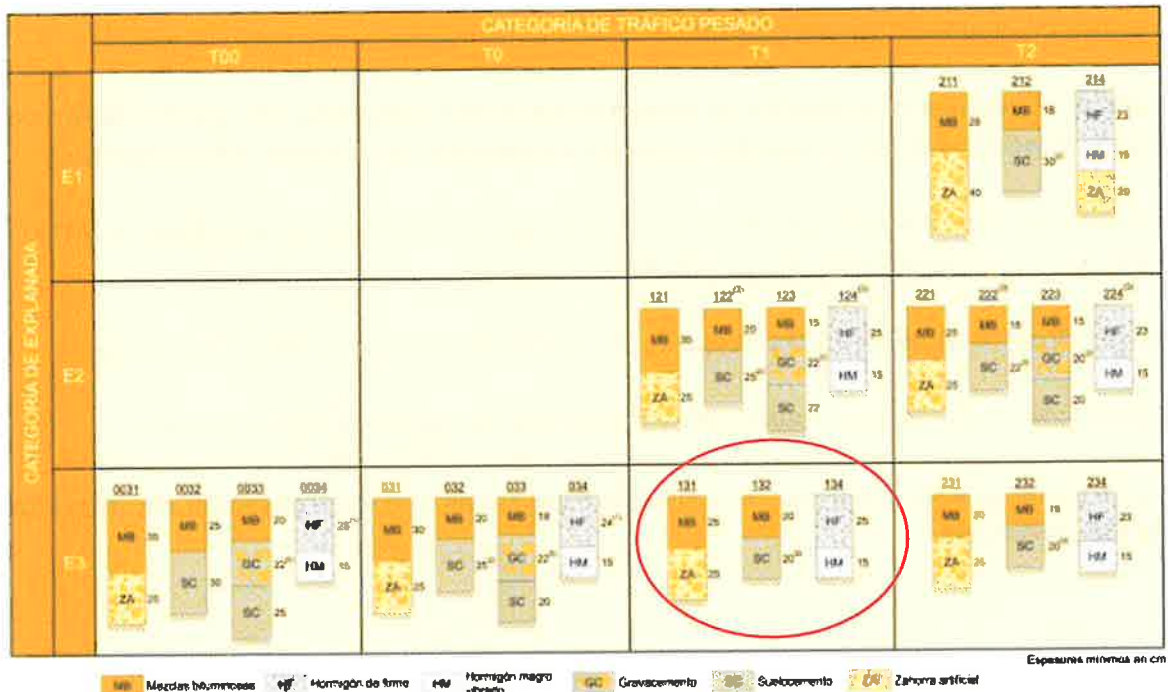
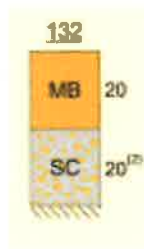


FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Se descarta la opción 134 de firme rígido de hormigón (en pocas ocasiones se disponen las secciones acabadas en 4).

Entre las secciones 131 y 132 se opta por la 132, ya que supone un ahorro de mezcla bituminosa respecto a la 131, y ofrece una mayor uniformidad estructural y durabilidad que esta. Además, a falta de más datos será mejor ambientalmente, pues no emplea zorra artificial, lo que podría ahorrar en materiales procedentes de canteras.

Por lo tanto, la sección de firme sobre la explanada E3 indicada anteriormente sería de 20 cm de espesor sobre una capa de 20 cm de suelocemento.



Las capas y riegos a emplear podrían ser en este caso:

- Rodadura: Mezcla BBTM 11 A: 3 cm de espesor.
- Riego de adherencia.
- Intermedia: Mezcla AC 22 D: 7 cm de espesor.
- Riego de adherencia.

- Base: AC 32 S: 10 cm de espesor.
- Riego de curado + riego de adherencia.
- Suelocemento: 20 cm de espesor.

d) Indicar si resulta procedente el sometimiento del proyecto de construcción de esta actuación a algún procedimiento de evaluación ambiental. (1,50 puntos)

De conformidad con lo establecido en el art.7 de la Ley 21/2013, debemos acudir al ANEXO I y II del texto para determinar el procedimiento aplicable.

Dentro del Grupo 6 a) del ANEXO I Grupo 6. "Proyectos de infraestructuras" se incluye:

*1.º Construcción de autopistas, **autovías** y carreteras multicarril de nuevo trazado.*

Al encontrarnos en este supuesto, el proyecto debe someterse a **evaluación de impacto ambiental ordinaria**.