

ANEJO 10: ESTRUCTURAS

ANEJO 10: ESTRUCTURAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN.....	7
2.- NORMATIVA A APLICAR	7
3.- SISMICIDAD	8
3.1.- Pasos superiores	9
3.2.- Pasos inferiores	9
3.3.- Marcos (ODTs) y aletas	9
4.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	9
5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	10
5.1.- Hormigón armado	10
5.2.- Hormigón pretensado	10
5.3.- Armaduras pasivas	10
5.4.- Armaduras activas.....	10
6.- JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN ESCOGIDA	10
6.1.- Marco unicelular	11
6.2.- Marco multicelular.....	11
6.3.- Marco prefabricado	12
6.4.- Terraplenado.....	12
6.5.- Viaducto (tablero y pilas)	12
6.6.- Conclusiones	12
7.- PASOS SUPERIORES.....	13
7.1.- Elección de la tipología estructural de paso superior a adoptar	13
7.2.- Descripción de las soluciones estructurales propuestas.....	13
7.2.1.- Tablero de vigas pretensadas doble "T"	14
7.2.2.- Tablero de vigas en artesa prefabricadas.....	14
7.2.3.- Estribos.....	15
8.- PASOS INFERIORES.....	15
9.- OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL.....	15
10.- PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS.....	16
11.- PRUEBA DE CARGA	16

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Parámetros geotécnicos a emplear en el diseño de las estructuras. <i>Fuente: Estudio geológico-geotécnico – Intercontrol.</i>	9
Tabla 2. Profundidades del nivel freático. <i>Fuente: Estudio geológico-geotécnico – Intercontrol.</i>	9
Tabla 3. Importes considerados para la estimación de costes de cada una de las soluciones propuestas.	11
Tabla 4. Coste estimado de la solución “Marco unicelular”.	11
Tabla 5. Coste estimado de la solución “Marco multicelular”.	12
Tabla 6. Coste estimado de la solución “Marco prefabricado”.	12
Tabla 7. Coste estimado de la solución “Terraplenado”.	12
Tabla 8. Coste estimado de la solución “Viaducto”.	12
Tabla 9. Resumen del coste estimado por metro lineal de las tipologías estructurales propuestas.	13
Tabla 10. Pasos superiores proyectados.	13
Tabla 11. Pasos inferiores proyectados.	15
Tabla 12. Características geométricas de los marcos multicelulares de hormigón armado proyectados.	15
Tabla 13. Características geométricas de los marcos multicelulares de hormigón armado que se encuentran junto a los pasos inferiores.	16

ÍNDICE DE IMÁGENES:

Imagen 1. Mapa de peligrosidad sísmica. <i>Fuente: NCSE-02.</i>	8
Imagen 2: Sección tipo del tablero de vigas pretensadas doble “T” para los pasos superiores EST-5, EST-24 y EST-34. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	14
Imagen 3. Sección tipo del tablero de vigas en artesa prefabricadas para los pasos superiores EST-8 y EST-23. <i>Fuente: Elaboración propia.</i>	14

1.- INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es presentar las soluciones propuestas para las estructuras del PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-50 EN TAVERNES DE LA VALLDIGNA Y CONEXIÓN CON LA N-332.

Las estructuras propuestas son las siguientes:

- 28 obras de drenaje transversal resueltas con marcos multicelulares de hormigón armado y ejecutados in situ.
- 7 pasos inferiores para el cruce de caminos existente con la variante de carretera CV-50 proyectada.
- 5 pasos superiores, 2 de ellos resueltos con tablero de vigas prefabricadas artesa y 3 de ellos con tablero de vigas prefabricadas en doble T.

La definición detallada de estas estructuras, así como su dimensionamiento estructural, se determinarán en el correspondiente proyecto constructivo. No obstante, en el presente anejo se especifican distintos aspectos a tener en cuenta en dicho cálculo posterior tales como la normativa a aplicar; la sismicidad del emplazamiento; las características de los materiales a emplear en las estructuras; y las características del terreno.

Además, se describe la necesidad de elaborar un plan de mantenimiento de las estructuras del presente proyecto básico, así como de realizar los cálculos necesarios para la prueba de carga de las estructuras contempladas en este proyecto.

2.- NORMATIVA A APLICAR

Se deberán considerar, como mínimo, las siguientes Normas e Instrucciones:

- IAP-11: "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera". Ministerio de Fomento, 2011.
- EHE-08: "Instrucción de Hormigón Estructural".
- EC-2. Eurocódigo 2, "Proyecto de Estructuras de Hormigón".
 - o Parte 1-1: Reglas Generales y Reglas para Edificación. UNE – EN 1992-1-1.
 - o Parte 1-3: Reglas Generales. Elementos y Estructuras Prefabricados de Hormigón. UNE - EN 1992-1-3.
- "Guía de cimentaciones en obras de carretera". Ministerio de Fomento, 1998.
- NCSP-07: "Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes".
- NCSE-02: "Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación".
- Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de los apoyos elastoméricos para puentes de carretera (MOPU 1982).
- Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carretera. Ministerio de Fomento (1997).
- Nota de servicio sobre losas de transición en obras de paso.

- Orden circular 11/02 sobre criterios a tener en cuenta en el proyecto y construcción de puentes con elementos prefabricados de hormigón estructural.

3.- SISMICIDAD

La acción sísmica se considerará de acuerdo con las prescripciones recogidas en la vigente Norma de Construcción Sismorresistente de Puentes (NCSP-07) o normativa que la sustituya. No obstante, las prescripciones de índole general de la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación (NCSE-02), también son de aplicación en este caso. Se consideran prescripciones de índole general las siguientes:

- Clasificación de las construcciones.
- Mapa de peligrosidad sísmica. Aceleración básica.
- Aceleración sísmica de cálculo.

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 clasifica las estructuras según su importancia en función de los daños que puede ocasionar la destrucción de las mismas. Estas pueden ser de importancia moderada, de importancia normal o de importancia especial. El artículo 1.2.2. de la norma NCSE-02 define los grados de importancia según se indica a continuación:

1. **De importancia moderada:** Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
2. **De importancia normal:** Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
3. **De importancia especial:** Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos."

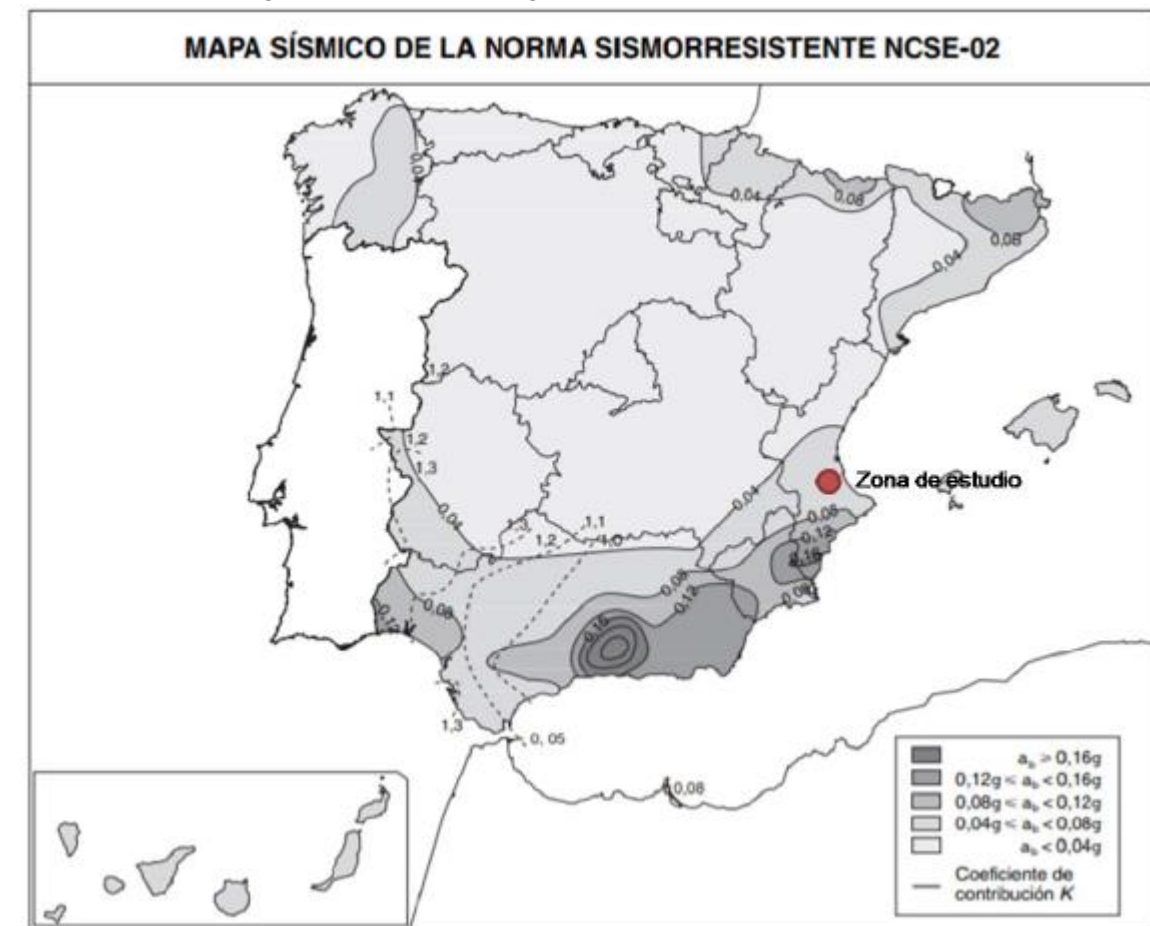
A su vez, en el artículo 1.2.3 de la norma NCSE-02 se establecen los criterios de aplicación de dicha norma, los cuales se indican a continuación:

"La aplicación de esta Norma es obligatoria en las construcciones recogidas en el artículo 1.2.1, excepto:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1) sea inferior a 0,08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_c , (art. 2.2) es igual o mayor de 0,08 g."

Según el Anejo 1 de la norma NCSE-02, la aceleración sísmica básica a_b del emplazamiento (Tavernes de la Valldigna) es de 0,07.

Imagen 1. Mapa de peligrosidad sísmica. Fuente: NCSE-02.



A continuación, para cada grupo de estructuras del presente proyecto, se indica la necesidad o no de realizar el correspondiente análisis sísmico. En el caso de que haya que considerarse la acción sísmica en el dimensionamiento de la estructura, de acuerdo con el estudio geológico-geotécnico, se recomienda asumir los siguientes datos:

- Coeficiente de contribución: $K = 1$.
- Coeficiente C en el emplazamiento de la obra en función de los primeros metros bajo la superficie: $C = 1,8$.

3.1.- Pasos superiores

En este caso, los pasos superiores se clasifican como estructuras de importancia "normal". Dado que la aceleración sísmica básica a_b en el emplazamiento es superior a 0,04 g, será necesario considerar las acciones sísmicas en el dimensionamiento de las estructuras.

3.2.- Pasos inferiores

En este caso, los pasos inferiores se clasifican como estructuras de importancia "normal". Los pasos inferiores se resuelven con marcos de hormigón armado "in situ". Este tipo estructuras pueden considerarse como pórticos bien arriostrados. Así lo indica la propia norma NCSE-02 indica, en su apartado C.1.2.3.:

"La existencia de una capa superior armada, monolítica y enlazada a la estructura en la totalidad de la superficie de cada planta permite considerar a los pórticos como bien arriostrados entre sí en todas las direcciones."

Es por ello que, dado que la aceleración sísmica básica a_b en el emplazamiento es inferior a 0,08 g, no será necesario considerar las acciones sísmicas en el dimensionamiento de los marcos que materializan los pasos inferiores proyectados.

3.3.- Marcos (ODTs) y aletas

Los marcos multicelulares de hormigón armado "in situ" y aletas se clasifican como construcciones de importancia "normal".

En el caso de los marcos, se trata de estructuras con pórticos bien arriostrados. Es por ello que, dado que la aceleración sísmica básica a_b en el emplazamiento es inferior a 0,08 g, no será necesario considerar las acciones sísmicas en el dimensionamiento de los marcos. No obstante, en el caso de los muros de hormigón armado que conforman las aletas, sí será necesario considerar las acciones sísmica.

4.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Con el fin de reconocer las zonas donde se proyecta la construcción de los pasos superiores y obras de drenaje de la variante de la CV-50 a su paso por Tavernes de la Valldigna se han realizado cinco sondeos mecánicos con recuperación de testigo y cuatro catas, entre otros ensayos. Los parámetros geotécnicos obtenidos, en función de los niveles geotécnicos identificados, son los siguientes:

Tabla 1. Parámetros geotécnicos a emplear en el diseño de las estructuras. Fuente: Estudio geológico-geotécnico – Intercontrol.

PARÁMETROS	Nivel II	Nivel IIIa Arcilla media	Nivel IIIb Arcilla dura	Nivel IIIc Arcilla blanda	Nivel IV
Densidad aparente (kN/m ³)	18,5	19,5	20,5	19,0	20,3
ν	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
C_u (kPa)	-	30	100	10	-
ϕ'	15°	23°	27°	20°	25°
C' (kPa)	5	15	25	10	5
k (m/s)	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸	10 ⁻⁸	10 ⁻⁴
E' (MPa)	8-10	8-40	40-70	5-8	4-8

Cabe señalar que la profundidad a la que se encuentra cada nivel geotécnico viene indicada en el Anejo 2 Estudio geológico-geotécnico del presente proyecto básico.

Respecto a la profundidad del nivel freático, según los sondeos y catas realizadas, se detectó la presencia del agua a las profundidades que se indican en la . No obstante, es importante tener en cuenta que el nivel freático experimenta variaciones en el tiempo.

Tabla 2. Profundidades del nivel freático. Fuente: Estudio geológico-geotécnico – Intercontrol.

SONDEO	PROF. N.F.
SM - 1	-4,62 m
SM - 3	-5,13 m
SM - 4	-3,92 m
SM - 5	-1,24 m
C-5	-2,70 m

De acuerdo con las conclusiones del estudio geológico-geotécnico, se recomienda considerar un ambiente para el hormigón estructural Ila+Qb.

Finalmente, respecto a las cimentaciones de las estructuras se recomienda lo siguiente:

- Cimentación profunda mediante pilotes pues, según los parámetros geotécnicos y de deformación del suelo, resulta inadmisibles la cimentación directa.

- La cota de cimentación se debe situar por debajo del nivel I de rellenos (ver profundidad en el Anejo 2 Estudio geológico-geotécnico).
- Uso de pilotes perforados por la naturaleza cohesiva de los materiales atravesados. En el Anejo 2 Estudio geológico-geotécnico se expone un predimensionamiento del pilotaje considerando diámetros de pilote de 1 metro.
- Para las obras de drenaje se ha realizado el cálculo del coeficiente de balasto vertical:
 - o Coeficiente de balasto vertical para suelo CL: 12,83 MN/m³ (1283 t/m³).
 - o Coeficiente de balasto vertical para suelo GP-GC: 38,25 MN/m³ (3825 t/m³).

5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

5.1.- Hormigón armado

Material a emplear en prelosas autoportantes; losa de compresión del tablero; estribos; y pilas de los pasos superiores, marcos (obras de drenaje transversal) y pasos inferiores.

- Tipo: HA-30 / B / 20 / IIa + Qb (en elementos en contacto con el terreno natural) o HA-30 / B / 20 / IIa (resto de elementos)
- Nivel de control: Estadístico
- Resistencia característica f_{ck} : 30 MPa
- Resistencia media f_{cm} : 38 MPa
- Coeficiente de minoración γ_c : 1,5
- Resistencia de cálculo f_{cd} : 20 MPa
- Control de ejecución: Normal
- Módulo de elasticidad inicial E_{co} : 34.000 N/mm²
- Módulo de elasticidad secante E_c : 29.000 N/mm²
- Módulo de Poisson: 0,20

5.2.- Hormigón pretensado

A emplear en las vigas pretensadas de los tableros.

- Tipo: HP-50 / AC / 10 / IIa
- Nivel de control: Estadístico
- Resistencia característica f_{ck} : 50 MPa
- Resistencia media f_{cm} : 58 MPa
- Control de ejecución: Intenso
- Módulo de elasticidad inicial E_{co} : 39.000 N/mm²
- Módulo de elasticidad secante E_c : 33.000 N/mm²
- Módulo de Poisson: 0,20

5.3.- Armaduras pasivas

- Tipo: B 500 SD
- Nivel de control: Normal
- Resistencia característica f_{yk} : 500 MPa
- Coeficiente de minoración γ_s : 1,15
- Resistencia de cálculo f_{yd} : 434,8 MPa
- Módulo de elasticidad E_s : 210.000 MPa

5.4.- Armaduras activas

A emplear en las vigas pretensadas de los tableros.

- Tipo: Y-1860-C
- Nivel de control: Normal
- Límite elástico f_{pk} : 1670 MPa
- Tensión unitaria de rotura f_{max} : 1860 MPa
- Deformación última del acero: 0,02
- Módulo de deformación longitudinal E_p : 190.000 MPa

6.- JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN ESCOGIDA

Para resolver el tramo de variante de la carretera CV-50 que es objeto de este proyecto básico, se plantean, inicialmente, diversas soluciones con el fin de escoger la más económica. En este apartado, se desglosa la justificación económica de la solución escogida en el presente proyecto.

Por un lado, se plantea resolver el tramo de carretera mediante viaducto o mediante terraplenado. Por otro lado, si la solución finalmente escogida es la de terraplenado, se plantean diversas soluciones de marco para resolver las numerosas ODTs a proyectar en el tramo de carretera con el fin de escoger la solución más económica. De este modo, las soluciones a valorar son las siguientes:

1. Marco unicelular
2. Marco multicelular
3. Marco prefabricado
4. Terraplenado
5. Viaducto (tablero y pilas)

Para la justificación económica de la solución adoptada se asumen, generalmente, los importes de la base de precios del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de 2014. Los precios de las unidades empleadas son los que se indican a continuación:

Tabla 3. Importes considerados para la estimación de costes de cada una de las soluciones propuestas.

Código	Nombre	Descripción	Coste
G32D1105	Encofrado	Montaje y desmontaje de una cara de encofrado con panel metálico y soporte con puntales metálicos, para muros de contención de base rectilínea encofrados a una cara, para una altura de trabajo <= 5 m	20,76 €/m ²
G4DE1900	Cimbrado	Montaje y desmontaje de andamio con apuntalamiento metálico, de 10 m de altura, como máximo	9,58 €/m ³
G32516H2	HA-30/B/20/IIa muros	Hormigón para muros de contención HA-30/B/20/IIa de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm y vertido con bomba	92,72 €/m ³
G45C19G3	HA-30/B/20/IIa losas	Hormigón para losas, HA-30/B/20/IIb, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido 20 mm, vertido con cubilote	97,70 €/m ³
B06NLA2C	HNE-15/B/20	Hormigón de limpieza, con una dosificación de 150 kg/m ³ de cemento, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, HL-150/P/20	67,26 €/m ³
G4BC4100	Acero B-500 SD losas	Armadura para losas de estructura AP500 SD en barras de diámetro como máximo 16 mm, de acero en barras corrugadas B500SD de límite elástico >= 500 N/mm ²	1,19 €/kg
G32B4101	Acero B-500 SD muros	Armadura p/muros conten. AP500SD barras corrug., D <=16mm	1,18 €/kg
	Marco prefabricado	Marco prefabricado de 3 m de anchura y 2,50 m de altura respecto de la sección interior	1.100,93 €/m.l.
G2263221	Relleno	Extendido y compactación de suelo seleccionado de la obra, en tongadas de 50 cm de grueso, como máximo, con compactación del 95 % PM, utilizando pisón vibrante pequeño, y humedeciendo	7,43 €/m ³

Con ello, en los siguientes apartados, se suponen unas dimensiones para cada una de las soluciones a valorar y se determinan sus costes estimados con el fin de escoger la solución a adoptar.

6.1.- Marco unicelular

Se asumen los siguientes supuestos:

- Marco unicelular de hormigón armado "in situ" de 4 m de anchura y 2,50 m de altura respecto de la sección interior.
- Espesor de los hastiales de 0,25 m, de losa inferior de 0,55 m y de dintel de 0,70 m.
- Espesor de la capa de hormigón de limpieza bajo la losa de cimentación de 0,10 m.
- Cuantía de armadura pasiva en losas y muros de 100 kg/m³.
- La longitud de la estructura es de 14 m para recibir sobre ella a la plataforma de la carretera de 12,60 m de anchura (2x3,50 m de carriles de circulación, 2x1,50 m de arcenes y 2x1,30 m de bermas).

Teniendo en cuenta los supuestos anteriores y los importes de las unidades que intervienen en la solución, se obtienen los siguientes costes estimados:

Tabla 4. Coste estimado de la solución "Marco unicelular".

	Medición	Coste
Encofrado	140 m ²	2.906,40 €
Cimbrado	140 m ³	1.341,20 €
HNE-15/B/20	6,30 m ³	423,74 €
HA-30/B/20/IIa muros	61,6 m ³	3.385,31 €
HA-30/B/20/IIa losas	34,65 m ³	5.711,55 €
Acero B-500 SD losas	3.465 kg	4.123,35 €
Acero B-500 SD muros	6160 kg	7.268,80 €
	Coste total	25.160,35 €
	Coste por metro lineal	5.591,19 €/m.l.

6.2.- Marco multicelular

Se asumen los siguientes supuestos:

- Solución de marco multicelular de hormigón armado "in situ" de 4 m de anchura y 2,50 m de altura respecto de la sección interior.
- Espesor de los hastiales de 0,25 m, de losa inferior de 0,55 m y de dintel de 0,70 m.
- Espesor de la capa de hormigón de limpieza bajo la losa de cimentación de 0,10 m.
- Cuantía de armadura pasiva en losas y muros de 100 kg/m³.
- La longitud de la estructura es de 14 m para recibir sobre ella a la plataforma de la carretera de 12,60 m de anchura (2x3,50 m de carriles de circulación, 2x1,50 m de arcenes y 2x1,30 m de bermas).

Teniendo en cuenta los supuestos anteriores y los importes de las unidades que intervienen en la solución, se obtienen los siguientes costes estimados:

Tabla 5. Coste estimado de la solución "Marco multicelular".

	Medición	Coste
Encofrado	70 m ²	1.453,20 €
Cimbrado	140 m ³	1.341,20 €
HNE-15/B/20	5,95 m ³	400,20 €
HA-30/B/20/IIa muros	50,4 m ³	3.197,23 €
HA-30/B/20/IIa losas	32,73 m ³	4.673,09 €
Acero B-500 SD losas	3273 kg	3.894,28 €
Acero B-500 SD muros	5040 kg	5.947,20 €
	Coste total	20.906,39 €
	Coste por metro lineal	4.919,15 €/m.l.

6.3.- Marco prefabricado

Se asumen los siguientes supuestos:

- Solución de marco prefabricado de 3 m de anchura y 2,50 m de altura respecto de la sección interior.
- Marcos delimitados inferior y superiormente por losas de hormigón armado de 0,20 m de espesor.
- Espesor de la capa de hormigón de limpieza bajo la losa de cimentación de 0,10 m.
- La longitud de la estructura es de 14 m para recibir sobre ella a la plataforma de la carretera de 12,60 m de anchura (2x3,50 m de carriles de circulación, 2x1,50 m de arcenes y 2x1,30 m de bermas).

Teniendo en cuenta los supuestos anteriores y los importes de las unidades que intervienen en la solución, se obtienen los siguientes costes estimados:

Tabla 6. Coste estimado de la solución "Marco prefabricado".

	Medición	Coste
HNE-15/B/20	4,90 m ³	329,57 €
HA-30/B/20/IIa losas	19,60 m ³	1.914,92 €
Acero B-500 SD losas	1960 kg	2.332,40 €
Marco prefabricado	14 m.l.	15.413,02 €
	Coste total	19.989,91 €
	Coste por metro lineal	5.711,40 €/m.l.

6.4.- Terraplenado

Se asumen los siguientes supuestos:

- Altura del terraplén: 3,20 m.
- Talud del terraplén: 2H:1V.
- Anchura coronación: 14 m.

Teniendo en cuenta los supuestos anteriores y los importes de las unidades que intervienen en la solución, se obtienen los siguientes costes estimados:

Tabla 7. Coste estimado de la solución "Terraplenado".

	Medición	Coste
Relleno	65.28 m ³ /m.l.	485,03 €
	Coste total	485,03 €
	Coste por metro lineal	485,03 €/m.l.

6.5.- Viaducto (tablero y pilas)

El coste del viaducto se estima a partir de diversos proyectos de la misma naturaleza al presente proyecto. Se considera que el viaducto está compuesto de tablero de vigas de hormigón prefabricadas y pilas. De esta forma, se obtienen los siguientes costes estimados:

Tabla 8. Coste estimado de la solución "Viaducto".

	Coste
Tablero	4.861 €/m.l.
Pilas	314,74 €/m.l.
Cimentación	1.723,80 €/m.l.
Coste total por metro lineal	6.899,54 €/m.l.

6.6.- Conclusiones

En este apartado se resumen los costes estimados por metro lineal (medidos en longitudinal sobre el eje de la carretera) de las soluciones propuestas para resolver el tramo de la variante de la carretera CV-50 objeto de este proyecto básico.

Tal y como se deduce de la Tabla 9, la solución de viaducto para resolver la totalidad del tramo de CV-50 objeto del presente proyecto presenta unos costes muy elevados en comparación con la solución de terraplenado y disposición de marcos donde se requieran. Es por ello, que únicamente se recurrirá a la solución de viaducto en aquellos casos en que sea estrictamente necesario (en concreto, para salvar los cauces existentes en el emplazamiento). Por otro lado, dentro de las opciones propuestas para los marcos, se adoptará la solución de marco multicelular, pues resulta la opción más económica.

Tabla 9. Resumen del coste estimado por metro lineal de las tipologías estructurales propuestas.

	Coste (€/m.l.)
Marco unicelular	5.591,19
Marco multicelular	4.919,15
Marco prefabricado	5.711,40
Terraplenado	485,03
Viaducto (tablero y pilas)	6.899,54

7.- PASOS SUPERIORES

7.1.- Elección de la tipología estructural de paso superior a adoptar

En este caso, para los pasos superiores a proyectar en la variante de la carretera CV-50, se proponen tableros de vigas prefabricadas. Generalmente, este tipo de tableros están constituidos con vigas prefabricadas doble "T" o artesa de hormigón pretensado o, en su caso, postensadas "in situ".

Se trata de estructuras isostáticas donde las vigas apoyan en tramos independientes biapoyados. Sobre las cabezas de las vigas se ejecuta la losa de compresión de un espesor entre 20-25 cm. Los cantos de esta tipología de tablero son del orden de L/20, siendo L la luz libre salvada por el vano isostático más largo. En general, la continuidad se da en la capa de rodadura (sobre la losa de compresión) para evitar que las juntas afecten al confort del usuario de la vía.

El condicionante principal que ha llevado a escoger este tipo de solución ha sido la longitud y/o luces a salvar. En este caso, la longitud a salvar viene determinada por la distancia entre estribos que, a su vez, ha sido determinada en el Anejo 8: *Estudio de Inundabilidad* del presente proyecto básico.

Aunque esta tipología de tableros de vigas prefabricadas presenta cantos y pesos mayores frente a otras tipologías, resulta la solución más económica frente a soluciones estructurales tales como puentes arco o puentes atirantados, los cuales, generalmente, se emplean para salvar luces mayores.

Por otro lado, la altura de la rasante proyectada evita condicionantes de gálibo reducido determinados por la capacidad de desagüe del cauce y, consecuentemente, hace posible la solución de tablero de vigas prefabricadas. Además, el carácter isostático del tablero hace que los posibles asientos del terreno no sean condicionantes en el comportamiento estructural del mismo.

Por último, la utilización de elementos prefabricados evita la ocupación del cauce con colocación de cimbras. Las vigas y prelosas prefabricadas se colocan mediante grúas y, a continuación, se hormigona el tablero, avanzando sobre los tramos previamente ejecutados. Así se consigue ejecutar el tablero con una mínima afección al cauce.

7.2.- Descripción de las soluciones estructurales propuestas

La variante de la carretera CV-50 propuesta en el presente proyecto básico requiere de cinco pasos superiores. Tal y como se comenta en el apartado anterior, *7.1.- Elección de la tipología estructural de paso superior a adoptar*, la tipología estructural adoptada es la de tablero de vigas prefabricadas.

En concreto, para longitudes de vanos de hasta 24 m, las cuales se dan en las estructuras EST-5, EST-24 y EST-34, se ha escogido la solución de tablero de vigas pretensadas doble "T". Por otro lado, en el caso de las estructuras EST-8 y EST-23, se tienen luces máximas de vano de 50 m de forma que no se ocupe el cauce, por lo que se ha optado por la solución de tablero de vigas en artesa prefabricadas.

Cabe señalar que, se ha tratado de reducir al máximo la longitud de los vanos disponiendo de pilas intermedias a lo largo de la longitud total de la estructura en aquellos casos que era posible. En algunos casos, las pilas se han ubicado dentro de la vía de intenso desagüe, pues así lo permite el Real Decreto 638/2016, publicado en el BOE el 29 de diciembre de 2016, minimizando siempre la alteración del régimen hidráulico.

Tabla 10. Pasos superiores proyectados.

	P.K. aprox.	Longitud total	Número de vanos	Longitud de los vanos	Tipología estructural
EST-5	0+212	57 m	3	16,5 + 16,5 + 24 m	Vigas doble "T"
EST-8	0+750	70 m	3	15 + 44 + 11 m	Vigas artesa
EST-23	2+320	99 m	2	50 + 49 m	Vigas artesa
EST-24	2+600	30 m	2	22 + 8 m	Vigas doble "T"
EST-34	3+370	31 m	2	22 + 9 m	Vigas doble "T"

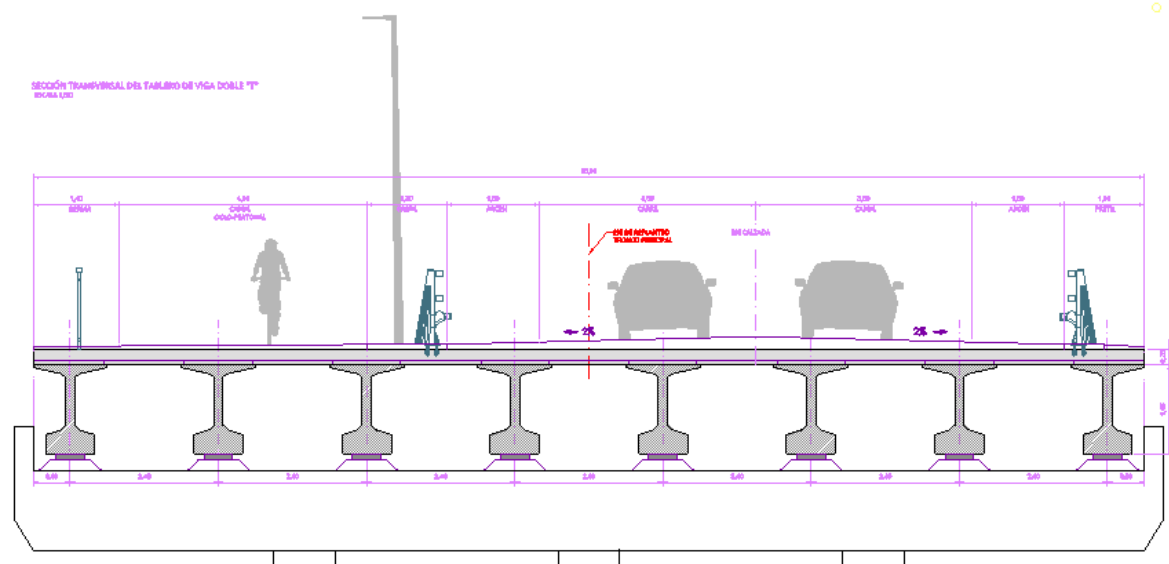
7.2.1.- Tablero de vigas pretensadas doble "T"

Los pasos superiores a resolver con tablero de vigas pretensadas doble "T", en concreto, las EST-5; EST-24 y EST-34, presentan las siguientes características principales:

- Tipología de vigas: Vigas pretensadas doble "T"
- Número de vigas: 8
- Canto de las vigas: 1,45 m
- Canto de la losa de compresión: 0,25 m
- Ancho de tablero: 18 m
- Separación entre vigas: 2,40 m

La tipología del tablero de vigas pretensadas doble "T" se ha propuesto para vanos isostáticos con una luz máxima de 24 m. El canto requerido para las vigas pretensadas doble "T" es de 1,45 m. Se propone una separación entre vigas de 2,40 m con un ancho total de tablero de 18 m. El espesor de la losa de compresión de hormigón armado es de 25 cm. No obstante, entre vigas existe una prelosa autoportante de 6 cm de espesor, por lo que el espesor a hormigonar "in situ" en dichos puntos es de 19 cm. El canto total de tablero considerando el canto de la losa de hormigón resulta de 1,70 m. La Imagen 2 resume la geometría de la sección tipo del tablero de vigas pretensadas doble "T" propuesto para los pasos superiores EST-5, EST-24 y EST-34.

Imagen 2: Sección tipo del tablero de vigas pretensadas doble "T" para los pasos superiores EST-5, EST-24 y EST-34. Fuente: Elaboración propia.



El tablero se completará con distintos acabados según la impermeabilización del mismo y con los sumideros correspondientes para que se permita la evacuación del agua.

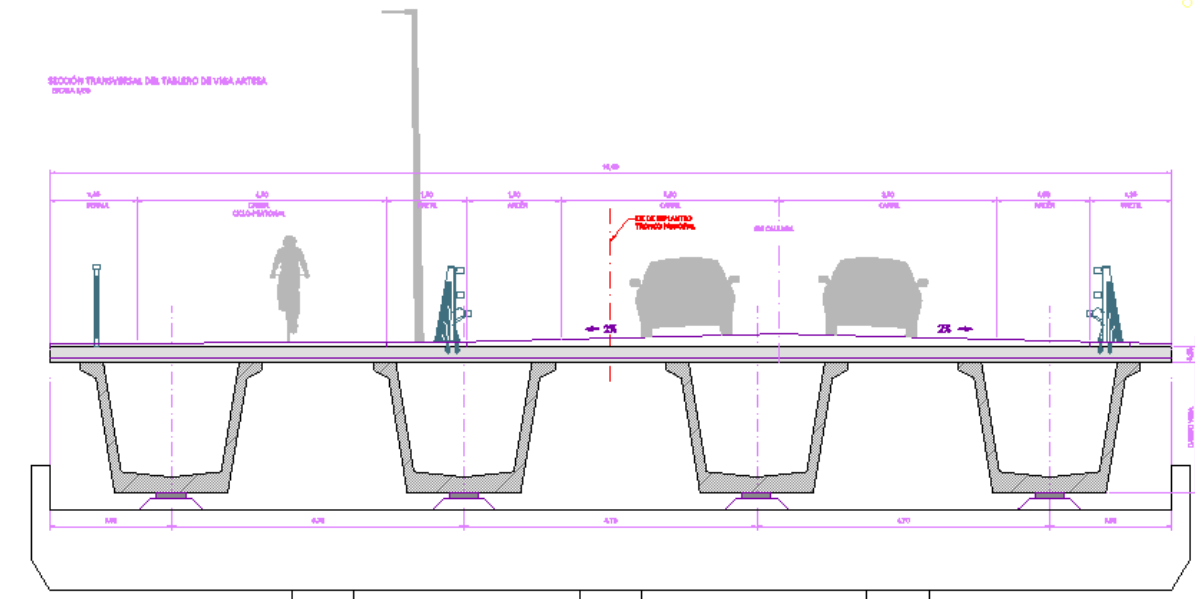
7.2.2.- Tablero de vigas en artesa prefabricadas

Los pasos superiores a resolver con tablero de vigas en artesa prefabricadas, en concreto, las EST-8 y EST-23, presentan las siguientes características principales:

- Tipología de vigas: Vigas artesa
- Número de vigas: 4
- Canto de las vigas: 2,10 m en el caso de la EST-8 y 2,25 m en el caso de la EST-23.
- Canto de la losa de compresión: 0,25 m
- Ancho de tablero: 18 m
- Separación entre vigas: 4,70 m

La tipología del tablero de vigas en artesa prefabricadas se ha propuesto para vanos isostáticos con una luz máxima de 50 m. El canto requerido para las vigas artesa es de 2,10 m y 2,25 m, según estructura. Se propone una separación entre vigas de 4,70 m con un ancho total de tablero de 18 m. El espesor de la losa de compresión de hormigón armado es de 25 cm (6 cm de prelosa autoportante + 19 cm para hormigonar "in situ"). El canto total de tablero considerando el canto de la losa de hormigón resulta de 2,35 m, en el caso de la EST-8, y 2,50 m en el caso de la EST-23. La Imagen 3 resume la geometría de la sección tipo del tablero de vigas en artesa prefabricadas propuesto para los pasos superiores EST-8 y EST-23.

Imagen 3: Sección tipo del tablero de vigas en artesa prefabricadas para los pasos superiores EST-8 y EST-23. Fuente: Elaboración propia.



El tablero se completará con distintos acabados según la impermeabilización del mismo y con los sumideros correspondientes para que se permita la evacuación del agua.

7.2.3.- Estribos

Los estribos propuestos para ambas tipologías de tablero son de tipo cerrado de hormigón armado y aletas en vuelta. Se ha escogido este tipo de solución para evitar que se produzcan derrames de tierras en el cauce.

El apoyo del tablero sobre los estribos se resolverá con apoyos de neopreno zunchado. Además, se deberá disponer de juntas de dilatación en los estribos, así como proporcionar el espacio suficiente entre tablero y murete de los estribos que permita los libres desplazamientos del tablero. Las juntas de dilatación estarán constituidas por una banda de material elastómero, con mezcla de caucho con base cloropreno y refuerzos metálicos de acero en su interior. El conjunto se ancla mediante pernos a los bordes de la estructura, fijados mediante resinas epoxi con arandelas cincadas y tuercas autoblocantes. Las cabezas de los anclajes van alojadas en huecos previstos en los bordes y que una vez apretadas se sellan para dar continuidad a la capa de rodadura.

Por otro lado, en ambos estribos se dispondrán losas de transición de hormigón armado. El diseño deberá cumplir con las prescripciones de las "Nota de servicio sobre Losas de Transición en obras de paso" del Ministerio de Fomento y el documento de "Diseño y cálculo de transiciones obra de paso-terraplén" (2007) de la Asociación Técnica de Carreteras.

Por último, la cimentación de los estribos y pilas será de tipo profunda resuelta mediante encepado de pilotes de 1 metro de diámetro. Se opta por esta solución considerando las conclusiones obtenidas del Anejo 2: Estudio Geológico y Geotécnico del presente proyecto básico.

8.- PASOS INFERIORES

Se proyectan 7 pasos inferiores con una altura libre de tres metros, con el fin de permitir el cruce de caminos existentes con la variante de la carretera CV-50 proyectada. Estos se resuelven mediante marcos estructurales y las características geométricas principales de los mismos se resumen en la Tabla 11 del presente anejo.

Tabla 11. Pasos inferiores proyectados.

	EST-6	EST-7	EST-9	EST-12	EST-25	EST-28'	EST-32
P.K. aprox.	0+433	0+504	0+920	1+160	2+630	2+853	3+155
Long total eje camino (m)	20,00	16,00	29,10	12,62	17,90	25,00	20,44
Luz libre celda camino (m)	5,00	5,00	6,00	10,00	10,00	6,00	6,00
Altura libre camino (m)	4,50	4,50	4,50	3,00	3,00	3,00	3,00
Espesor solera camino (m)	0,80	0,80	0,40	0,80	0,80	0,80	0,40
Espesor dintel camino (m)	0,80	0,80	0,60	0,80	0,80	0,80	0,60
Espesor hastiales camino (m)	0,40	0,40	0,30	0,40	0,40	0,40	0,30

Cabe señalar que, junto los pasos inferiores existen obras de drenaje transversal resueltas con marcos estructurales multicelulares. Dichas ODTs se denominan del mismo modo que el paso inferior junto al cual se encuentran, pues se trata de estructuras conectadas estructuralmente (comparten hastial en uno de los extremos). Las características principales de dichas ODTs que se encuentran junto a pasos inferiores se resumen en la Tabla 13 del presente anejo.

9.- OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Tal y como se deduce del apartado 6.- Justificación económica de la solución escogida, la tipología estructural escogida para las obras de drenaje transversal (ODT) es la de marco multicelular de hormigón armado ejecutado "in situ". La disposición y tamaño de las ODTs proyectadas se basa en las conclusiones del Anejo 8: Estudio de Inundabilidad del presente proyecto básico. En la Tabla 12 se resumen las características geométricas de cada marco multicelular proyectado. Cabe señalar que, en prolongación de los marcos estructurales se disponen aletas de hormigón armado de altura variable para la contención de tierras.

Tabla 12. Características geométricas de los marcos multicelulares de hormigón armado proyectados.

	P.K. aprox.	Ancho Plataf. (m)	Nº celdas	Sección interior			Espesores		
				Ancho (m)	Alto (m)	Solera (m)	Dintel (m)	Hastiales exteriores (m)	Hastiales interiores (m)
EST-1	0+035	16.33	1	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0
EST-2	0+047	102.00	1	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0
EST-3	0+060	17.90	8	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-4	0+129	17.90	8	5.25	1.50	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-10	0+997	12.60	7	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-11	1+108	12.60	10	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-13	1+319	12.60	7	5.25	0.8	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-14	1+439	12.60	8	4.75	1.50	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-15	1+555	12.60	9	4.75	1.50	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-16	1+707	34.00	2	3.25	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-17	1+768	28.00	2	3.25	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-18	1+837	12.60	9	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-19	1+933	12.60	9	5.00	1.25	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-20	2+045	12.60	8	5.00	1.35	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-21	2+110	12.60	8	4.75	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-22	2+182	12.60	9	5.25	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-26	2+700	40.00	5	5.00	0.80	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-27	2+761	88.00	5	4.75	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25

	P.K. aprox.	Ancho Plataf. (m)	Nº celdas	Sección interior			Espesores		
				Ancho (m)	Alto (m)	Solera (m)	Dintel (m)	Hastiales exteriores (m)	Hastiales interiores (m)
EST-28	2+816	29.00	7	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-29	2+921	17.90	8	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-30	3+002	17.90	9	5.00	1.70	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-31	3+077	17.90	8	5.25	1.70	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-33	3+257	17.90	7	5.00	2.70	0.40	0.50	0.30	0.25

Tabla 13. Características geométricas de los marcos multicelulares de hormigón armado que se encuentran junto a los pasos inferiores.

	P.K. aprox.	Ancho Plataf. (m)	Nº celdas	Sección interior			Espesores		
				Ancho (m)	Alto (m)	Solera (m)	Dintel (m)	Hastiales exteriores (m)	Hastiales interiores (m)
EST-6	0+433	12.60	2	5.00	0.80	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-7	0+504	12.60	3	5.00	1.25	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-9	0+920	12.60	2	5.25	2.11	0.40	0.5	0.25	0.25
EST-12	1+160	12.60	8	5.25	0.76	0.40	0.5	0.25	0.25
EST-25	2+630	17.90	0	-	-	-	-	-	-
EST-28'	2+853	17.90	0	-	-	-	-	-	-
EST-32	3+155	17.90	6	4.75	2.39	0.40	0.5	0.25	0.25

10.- PLAN DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

En el proyecto constructivo se deberá determinar el "Plan de Inspección y Mantenimiento de las estructuras". Este deberá redactarse en base a las indicaciones de la "Instrucción de Hormigón Estructura" (EHE-08) y en base a la experiencia y buenas prácticas dentro del campo de las estructuras de hormigón. En dicho plan se contemplarán todos los elementos posibles de la estructura, distinguiendo entre los siguientes grupos:

- Superestructura: vigas, losas de tableros, etc. Se prestará especial atención a las deformaciones, tanto verticales como horizontales.
- Subestructura: estribos, terraplenes, muros, aparatos de apoyo, etc. Se prestará especial atención al estado y deformación de estos elementos pues constituyen un indicador del funcionamiento global de la estructura.
- Cimiento: se prestará atención a posibles movimientos o fisuras que puedan producirse en las estructuras de cimentación.
- Equipamientos: tales como juntas; barandillas; impermeabilización; sistemas de drenaje; elementos de seguridad, etc.

El plan de mantenimiento contemplará las distintas fases de la vida útil de las estructuras.

Adicionalmente, en el plan se establecerán los tres tipos de inspección a realizar a lo largo de la vida útil de las estructuras: inspecciones rutinarias o superficiales, inspecciones principales e inspecciones especiales.

11.- PRUEBA DE CARGA

El objeto de la prueba de carga de recepción es el de verificar que la estructura proyectada y, finalmente, ejecutada presenta un comportamiento adecuado frente a las sobrecargas de explotación a las que podría estar expuesta a lo largo de su vida útil. Dichas sobrecargas son las que define la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera" (IAP-11).

En este caso, será necesario realizar pruebas de carga sobre los cinco pasos superiores proyectados. La prueba de carga se realizará antes de la puesta en servicio de la estructura y el nivel de carga alcanzado durante la prueba de carga deberá ser representativo de las acciones previstas en servicio.

El proyecto constructivo contemplará el cálculo de la prueba de carga a realizar en las estructuras incluyendo, al menos, los plazos de ejecución; los materiales considerados; el tren de cargas de la prueba; los estados de carga a considerar; las medidas que deben realizarse durante la prueba; y los criterios de aceptación.