
ESTRUCTURAS

**ANEJO
9**

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Bases de cálculo	1
2.1. Normativa aplicable	1
2.2. Sismicidad	1
2.3. Materiales	1
2.3.1. Niveles de control	1
2.3.2. Coeficientes de minoración de los materiales	2
3. Descripción de las soluciones planteadas	2
3.1. Condicionantes geotécnicos	2
3.2. Condicionantes hidráulicos	2
3.3. Nudo Astigarraga	2
3.3.1. Descripción de la solución	2
3.3.2. Secciones tipo	4
3.3.3. Viaducto Arroyo Putre	4
3.4. Trazado de Vías generales a Irún	5
3.4.1. Alternativa Norte	5
3.4.2. Alternativa Sur	7
3.4.3. Alternativa Centro	9
3.5. Nudo Oiartzun	10
3.5.1. Descripción de la solución	10
3.5.2. Secciones tipo	10
3.5.3. Acceso a Francia	11
3.6. Procesos de construcción	11
3.6.1. Estructuras ejecutadas in situ	11
3.6.2. Estructuras prefabricadas	13
3.6.3. Estructuras singulares	13

1. Introducción

En el presente anejo se realiza una descripción detallada de los elementos estructurales existentes en el Estudio Informativo complementario de la nueva red ferroviaria en el País Vasco, tramo: Astigarraga –Oiartzun - Lezo.

El estudio se divide en tres ámbitos fundamentales: el **Nudo de Astigarraga**, donde se integra la entrada en San Sebastián, el trazado de **vías generales** hacia Irún y, el **Nudo de Oiartzun**, donde se integra los ramales de entrada al Puerto de San Sebastián. En cada uno de los ámbitos se han propuesto diferentes alternativas que cumplan con los objetivos del Estudio Informativo.

2. Bases de cálculo

2.1. Normativa aplicable

La normativa a seguir en el cálculo de las distintas estructuras será:

- **IAPF-07** Instrucción sobre las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Ferrocarril. Ministerios de Fomento. 2007.
- **IAP-11** Instrucción sobre las Acciones a Considerar en Proyecto de Carreteras. Ministerio de Fomento 2011.
- **EHE-08** Instrucción de Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento. 2008.
- **NCSP-07**. Norma de construcción sismorresistente: puentes. Ministerio de Fomento. 2007.
- Guía de Cimentaciones del Ministerio de Fomento. 2002.
- Código Técnico de Edificación CTE del Ministerio de Fomento.2006.

2.2. Sismicidad

En el Anejo nº4 Geología y Geotecnia se incluye un epígrafe de sismicidad, al tratarse de una obra calificada como de importancia normal, en la que la aceleración sísmica básica a_b , es $\geq 0,04 g$, siendo g la aceleración de la gravedad, **es necesario la aplicación de la “Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02”**. Por tanto, se tendrá en cuenta el efecto sísmico en el cálculo o diseño de las diferentes actuaciones.

2.3. Materiales

El tipo de hormigón a emplear en los distintos elementos de las estructuras, a modo de avance, serán los que se indican a continuación, si bien, en tableros y pilas pueden variar dependiendo de las exigencias en cada caso:

- Alzados y elementos armados:HA-30/B/20/IIIa.
- Tableros:HP-45-50-55/B/20/IIIa./HP-50/B/IIIa
- Pilas:HA-35/B/20/IIIa.
- Cimentaciones y soleras: HA-30/B/20/IIa+Qc.
- Pantallas y pilotes: HA-30/B/20/IIa+Qc.
- Limpieza y nivelación: HL-150/B/20

Para esta estructura se considera acero corrugado B-500 SD, con un módulo de elasticidad $E_s = 200000 MPa$.

2.3.1. Niveles de control.

- Acero de armarNormal
- Hormigón.....Estadístico
- Ejecución..... Intenso

2.3.2. Coeficientes de minoración de los materiales.

Los coeficientes de minoración de los materiales considerados serán:

- Acero de armar $\gamma_s = 1,15$
- Hormigón $\gamma_c = 1,50$

Los coeficientes de minoración de los materiales considerados en casos accidentales (impacto) serán:

- Acero de armar $\gamma_s = 1,0$
- Hormigón $\gamma_c = 1,30$

3. Descripción de las soluciones planteadas

3.1. Condicionantes geotécnicos

Para cada una de las estructuras se ha analizado el terreno de cimentación, es decir, la unidad geológica donde apoyará la cimentación de la estructura, y la tipología de cimentación recomendada.

Así, se han recomendado los siguientes tipos de cimentación

- Cimentación superficial

Se considera una cimentación superficial mediante zapatas con un empotramiento no menor a su canto.

En base a la información disponible, se ha recomendado este tipo de cimentación en las unidades terciarias, cretácicas y jurásicas, a excepción de las arcillas yesíferas de la facies Keuper, T1. Las unidades terciarias son, por lo general, heterogéneas, por lo que este aspecto deberá concretarse en función de la zona concreta en cada caso.

- Cimentación profunda

En zonas donde, por la presencia del nivel freático o la profundidad del estrato competente, no sea recomendable el empleo de cimentación superficial, se propone una cimentación profunda. En base a la información disponible, se ha considerado este tipo de cimentación en aquellas zonas en las que se atraviesan materiales cuaternarios. Asimismo, en las estructuras proyectadas para cruzar ríos de cierta entidad se ha recomendado cimentación profunda mediante pilotes por considerarla necesaria para evitar los posibles problemas de socavación.

La longitud definitiva de los pilotes, así como su diámetro, se definirá en las siguientes fases de proyecto una vez investigados los espesores de los aluviales de los ríos, así como la estratigrafía y caracterización geotécnica de las zonas donde se proyectarán las estructuras.

En base a la información disponible, se ha recomendado este tipo de cimentación en las unidades cuaternarias.

3.2. Condicionantes hidráulicos

En la definición de las estructuras de paso se ha tenido en cuenta la lámina de inundación para Q_{500} en el entorno del río Urumea y Oiartzun.

3.3. Nudo Astigarraga

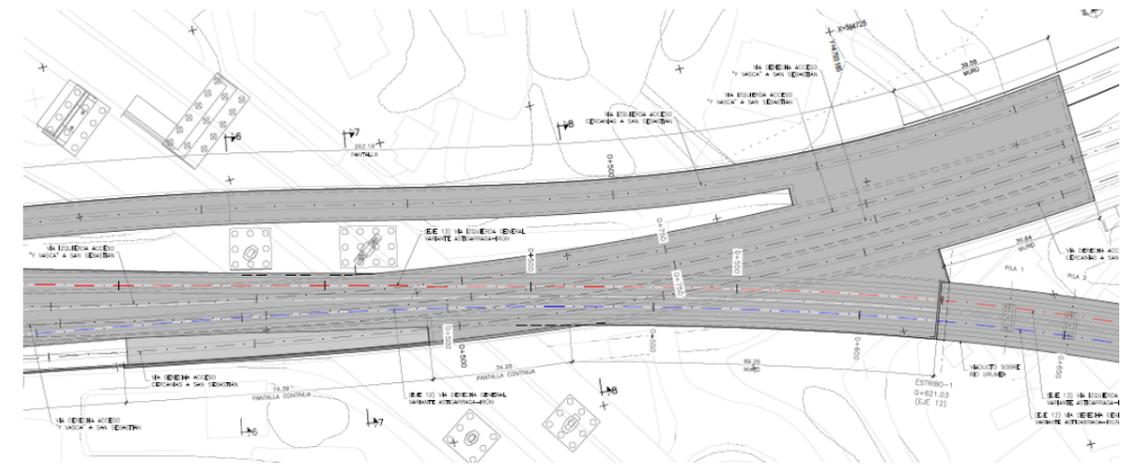
3.3.1. Descripción de la solución

El nudo se resuelve mediante un conjunto de estructuras con sistema de pantallas que permiten que las circulaciones por las vías de cercanías y de ancho UIC, exclusivas de viajeros se encaminen hacia Donostia/San Sebastián sin cizallar las circulaciones de mercancías que discurrirán por vía general en dirección Oiartzun.

La complejidad del trazado se debe a esa necesidad de no cizallar circulaciones unido a la presencia de la estructura y las cimentaciones del Viaducto sobre el río Urumea de la Autovía AP-1 y más tarde el Viaducto GI -131M con el gálibo suficiente y por la llanura de inundación del río Urumea.

El trazado discurre entre pantallas y sobre ellas se disponen losas armadas y estampidores intermedios en caso de alturas de excavación elevadas.

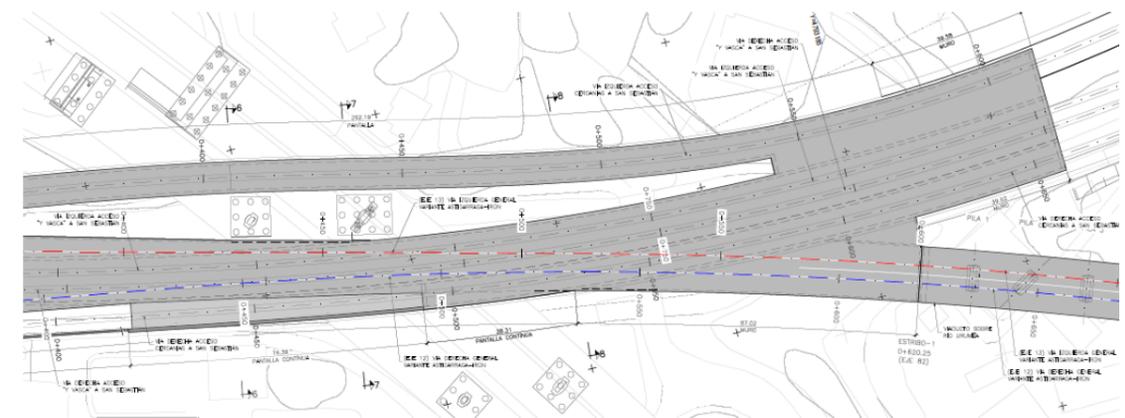
Para cada trazado en función de las alternativas Norte, Sur y Centro, existe una geometría del nudo en función de la conexión con el viaducto Urumea en cada una de las alternativas:



Nudo alternativa Norte



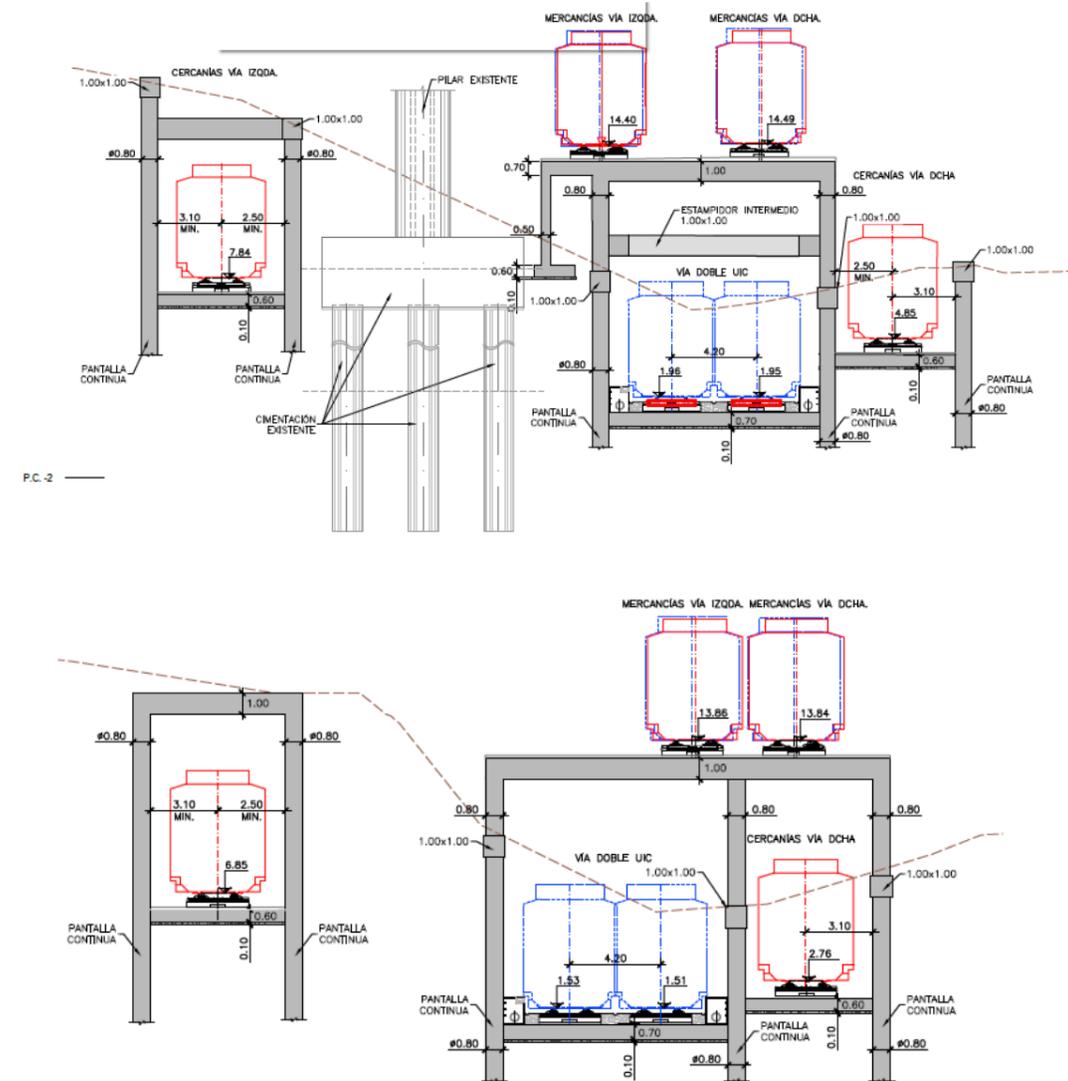
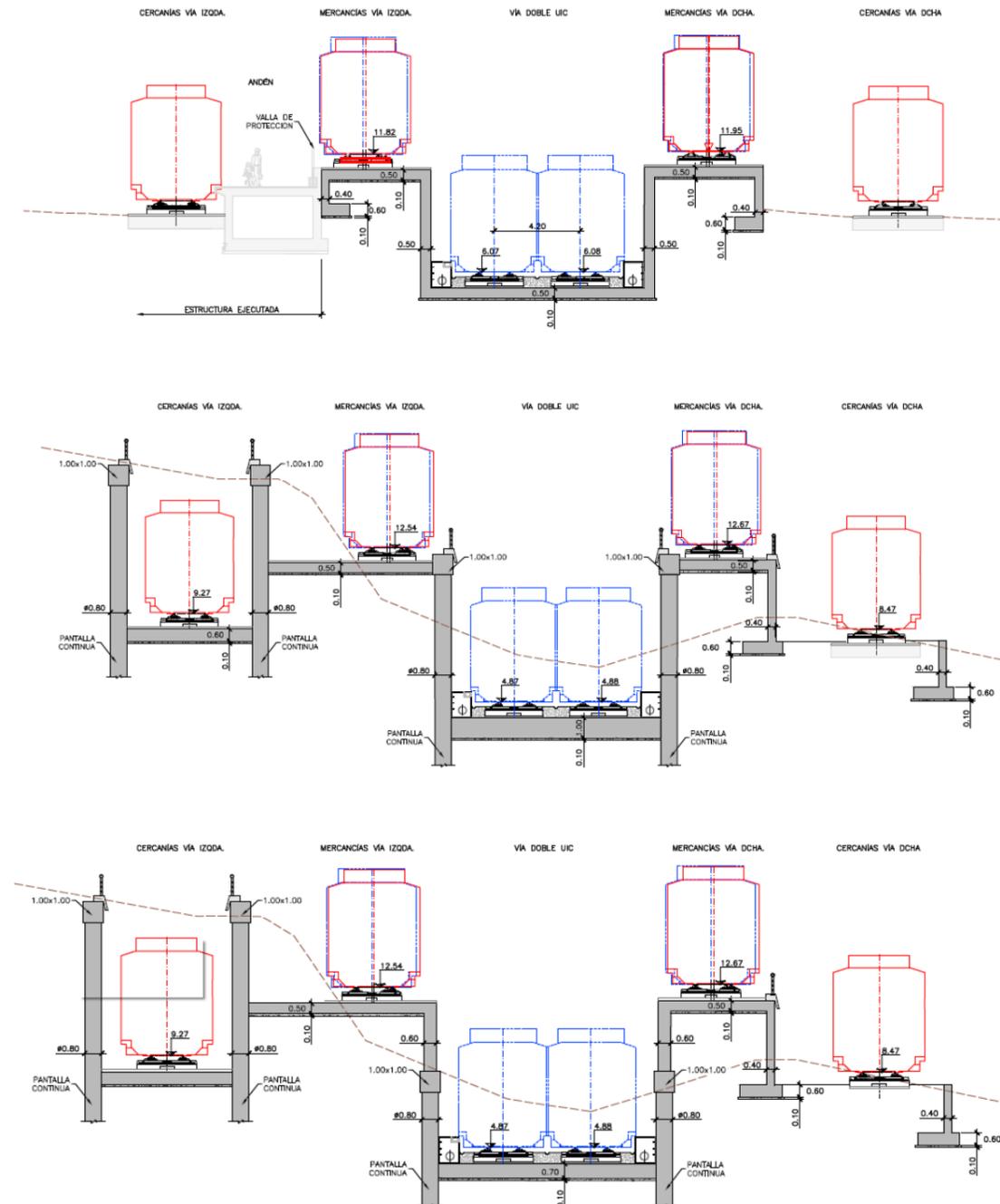
Nudo alternativa Sur



Nudo alternativa Centro

3.3.2. Secciones tipo

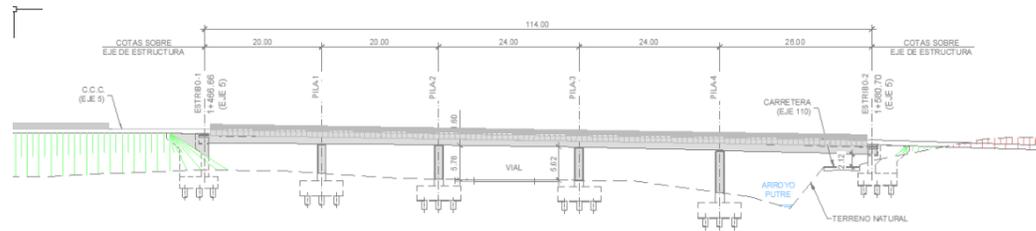
Para una mejor comprensión de las estructuras se adjuntan secciones tipo singulares:



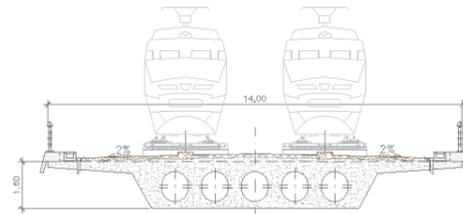
En el documento nº2 se adjuntan planos de detalle de las estructuras definidas en el nudo.

3.3.3. Viaducto Arroyo Putre

La tipología para el tramo cuenta con canto de 1,60 metros de losa postesada aligerada, mediante esta estructura se salva la reposición de la carretera y el arroyo existente.



Se muestra a continuación la sección tipo:



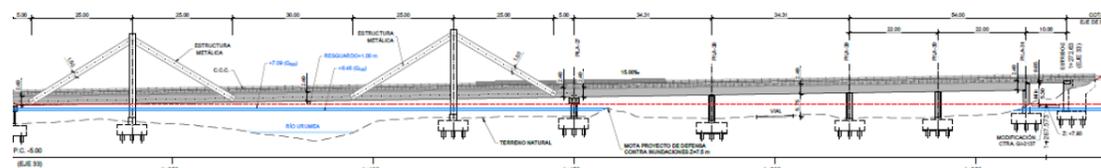
3.4. Trazado de vías generales a Irún

3.4.1. Alternativa Norte

Una vez salvado el Nudo Astigarraga se producen una alternancia de viaductos con túneles, viaductos que se describen a continuación.

3.4.1.1. Viaducto del río Urumea

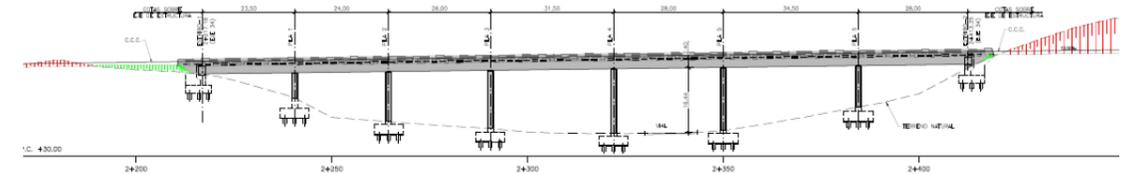
La tipología para el tramo con un canto de un metro es de losa postesada aligerada y en el segundo tramo se dispone una sección en cajón metálico de canto 2.40 metros con atirantamiento extradosado, formado por dos pilonos de unos 30 m de altura aproximadamente, con doble fuste de acero de alta resistencia y cuatro parejas de tirantes rígidos de acero convencional.



A pesar de la tipología dispuesta no se alcanza a respetar el resguardo mínimo de 1,00 m respecto a la lámina de inundación para Q500, al encontrarse el trazado muy condicionado con el cruce de la carretera G-131M.

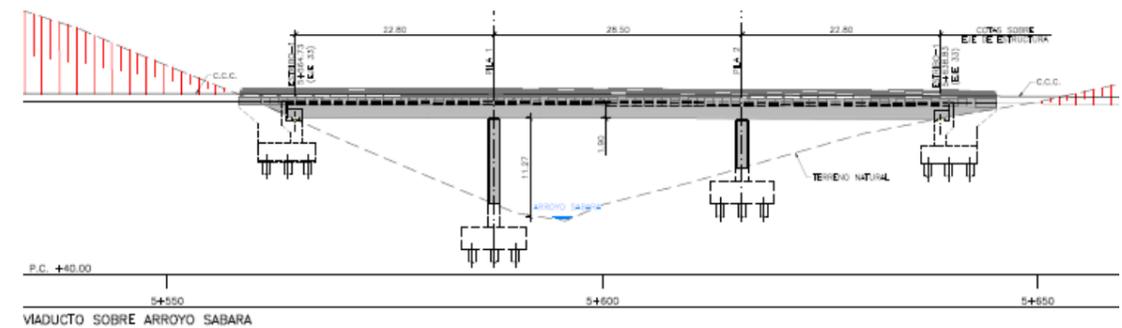
3.4.1.2. Viaducto sobre polígono 27

En esta zona se atraviesa el polígono industrial Ubarburru. Para la estructura del viaducto se dispone una sección de cajón constante de hormigón con canto 2.40 metros, que salva una luz máxima de 34.50 m. La altura de pilas ronda los 16 metros.



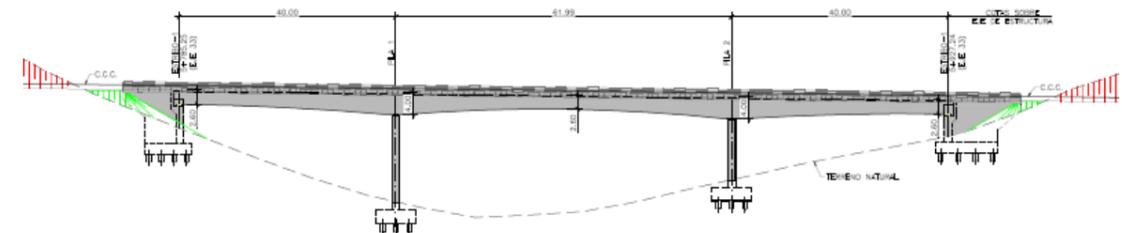
3.4.1.3. Viaducto sobre arroyo Sabara

En esta zona se atraviesa el arroyo Sabara. Para la estructura del viaducto se dispone una sección en losa postesada con canto 1.90 metros, que salva una luz máxima de 28.50 metros.



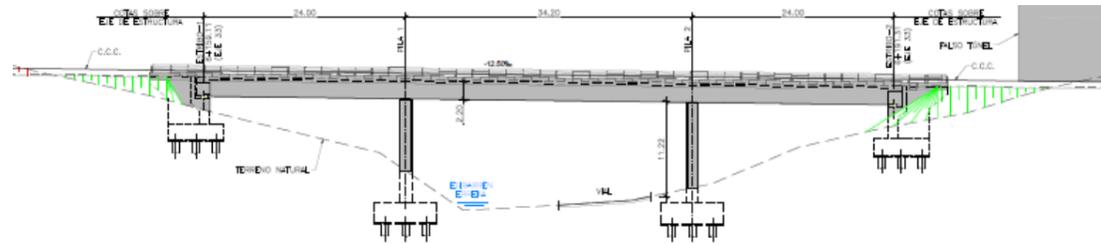
3.4.1.4. Viaducto sobre arroyo Txiki

En esta zona se atraviesa el arroyo Txiki. Para la estructura del viaducto se dispone una sección cajón de canto variable con canto de 2.6 a 4.00 metros, que salva una luz máxima de 62 metros.



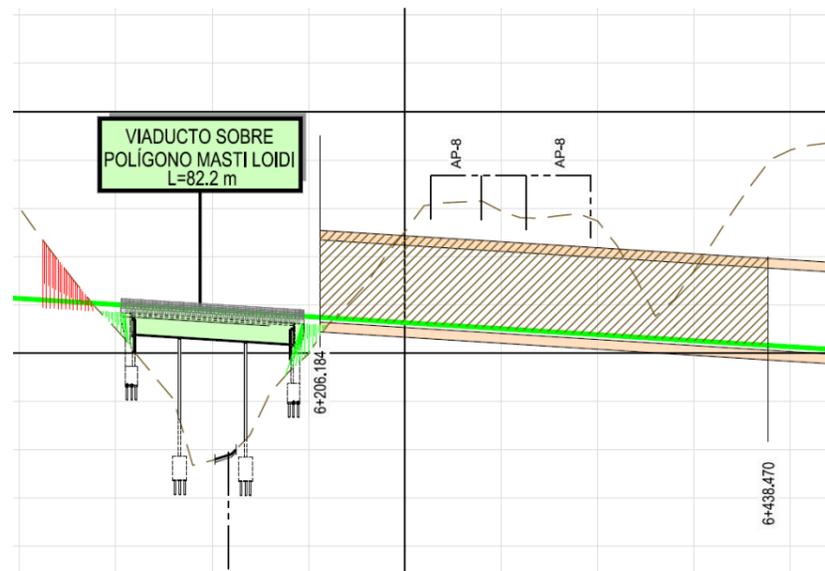
3.4.1.5. Viaducto sobre polígono Masti Loidi

Viaducto con sección en losa postesada de canto 2.20 metros y luz máxima 34.20 m.



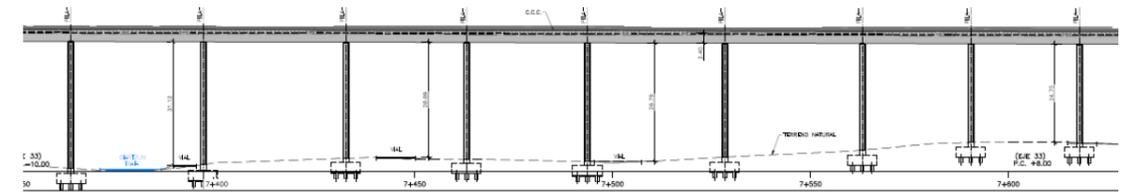
3.4.1.6. Falso túnel bajo A-8.

En la alternativa Norte se produce un cruce de la A-8 con poca cobertera por lo que es necesario disponer un Falso túnel entre pantallas con una longitud aproximada de 82 metros:



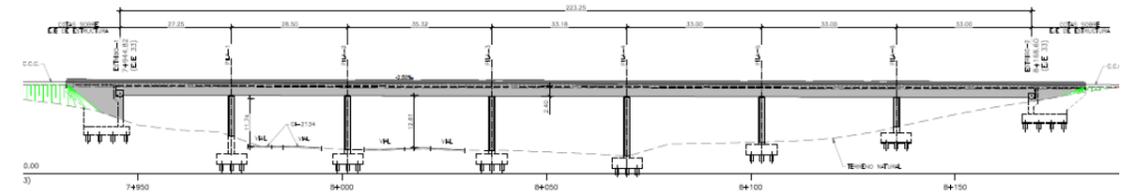
3.4.1.7. Viaducto sobre polígono Talaia

Viaducto con sección cajón de canto constante 2.40 metros, luz máxima 40 metros y pilas esbeltas con unos 30 metros de altura.

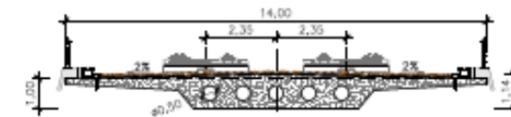


3.4.1.8. Viaducto sobre GI-2134

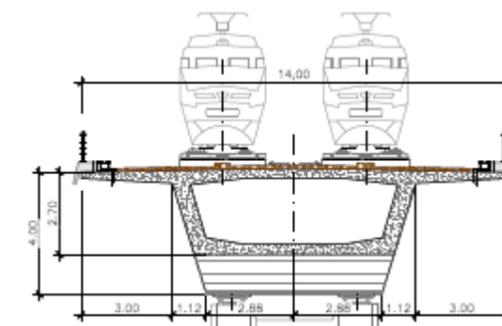
Viaducto con sección cajón de canto constante 2.40 metros y luz máxima 35.32 metros.



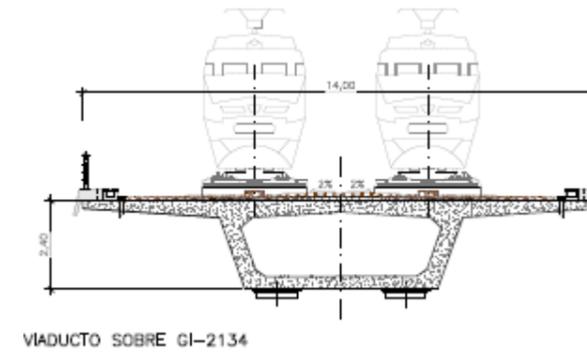
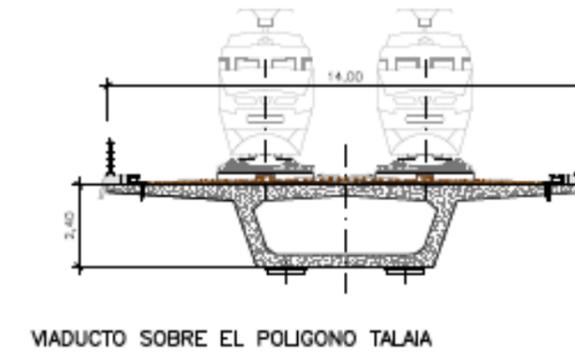
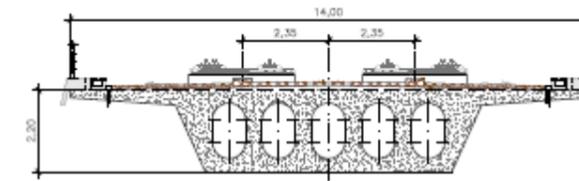
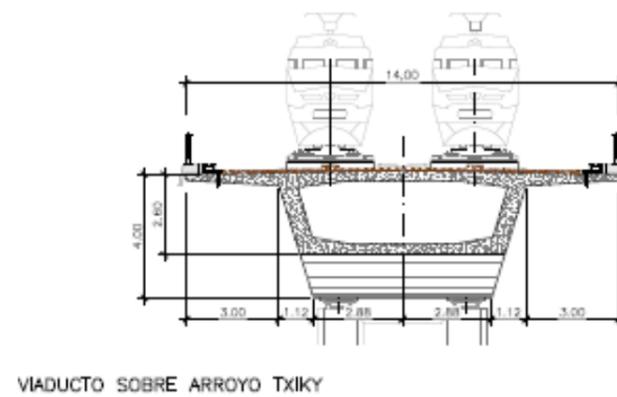
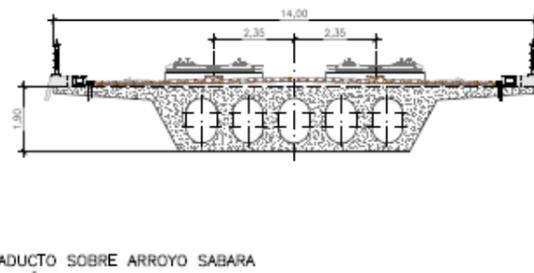
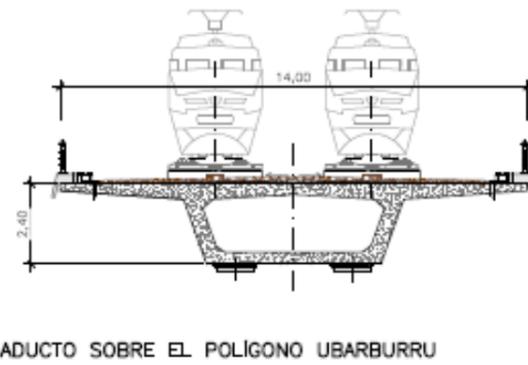
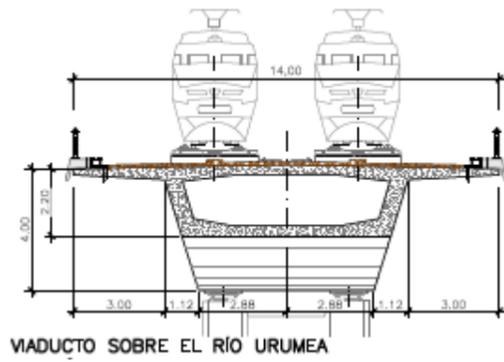
3.4.1.9. Secciones tipo



VIADUCTO SOBRE EL RÍO URUMEA



VIADUCTO SOBRE EL RÍO URUMEA



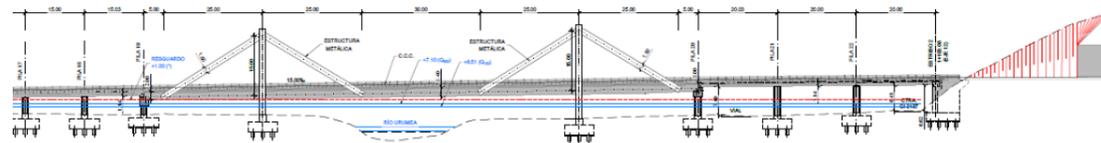
3.4.2. Alternativa Sur

Una vez salvado el Nudo Astigarraga se producen una alternancia de viaductos con túneles, viaductos que se describen a continuación.

3.4.2.1. Viaducto de río Urumea

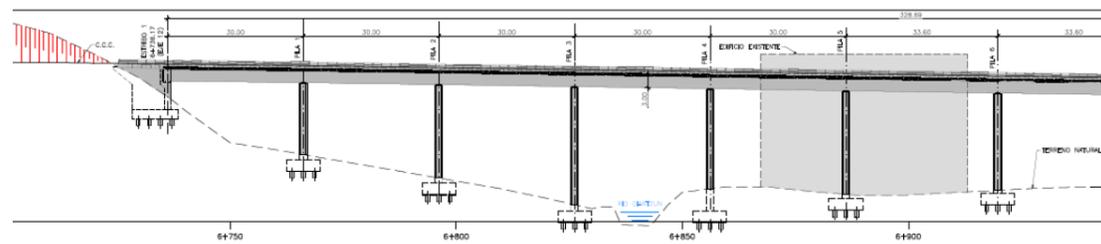
Viaducto cuya particularidad en el inicio debe tener un canto de un metro para poder tener gálibo y superar la cota de avenida de 500 años para luego salvar el río Urumea, mediante una estructura con una luz principal de 80 metros.

La tipología para el tramo con canto un metro es de losa postesada aligerada y en el segundo tramo se dispone una sección en cajón metálico de canto 2.40 metros con atirantamiento extradados, formado por dos pilonos de 30 m de altura aproximadamente, con doble fuste de acero de alta resistencia y cuatro parejas de tirantes rígidos de acero convencional. En la zona extrema de dicho cajón metálico la sección se dispone de 2,00 m para respetar el resguardo de 1,00 m respecto de la lámina de inundación para Q₅₀₀.



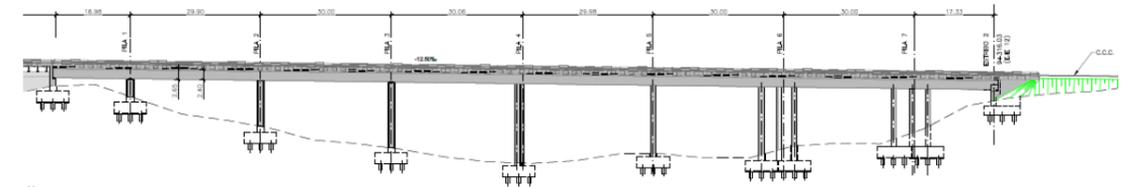
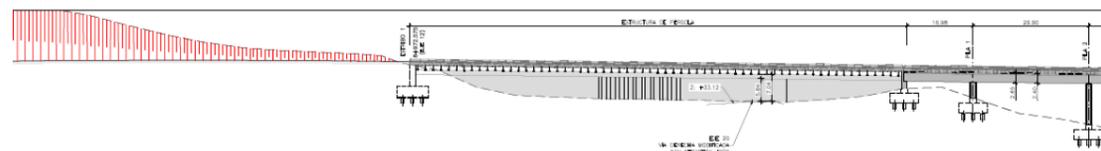
3.4.2.2. Viaducto río Oiartzun

En esta zona se atraviesa el río Oiartzun y el polígono industrial Talaia Aranguren. Para la estructura del viaducto se dispone una sección de cajón constante de hormigón con canto 3 metros, que salva una luz máxima de 46.20 m. La altura de pilas ronda los 25-40 metros.

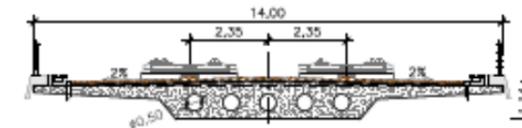


3.4.2.3. Viaducto Madrid Hendaya I

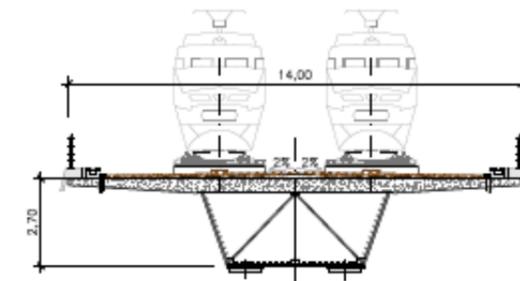
Se dispone tablero de vigas prefabricadas ajustados a luces de 30 metros con canto variable de 2,40 a 2,65 metros, unido a una pérgola en su inicio que salva la línea "Topo" y posteriormente la línea Madrid-Hendaya.



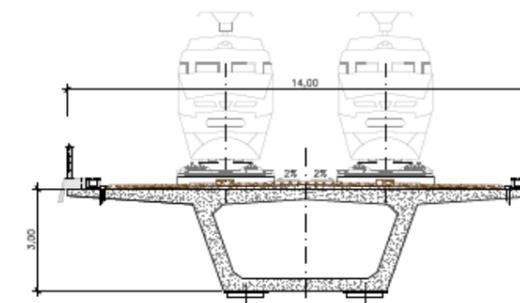
3.4.2.4. Secciones tipo



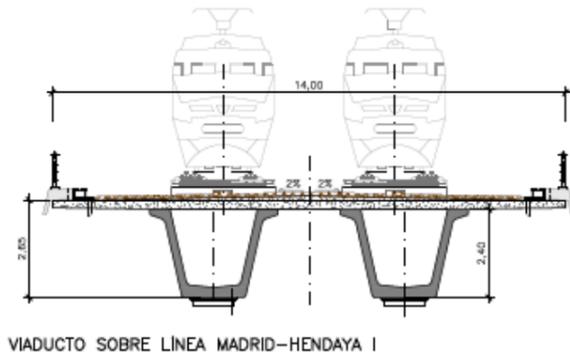
VIADUCTO SOBRE RÍO URUMEA



VIADUCTO SOBRE RÍO URUMEA



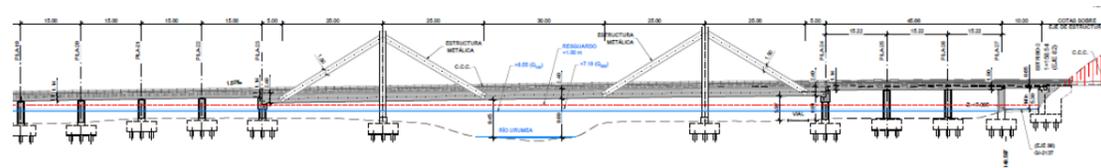
VIADUCTO SOBRE RÍO OIARTZUN



3.4.3. Alternativa Centro

3.4.3.1. Viaducto de río Urumea

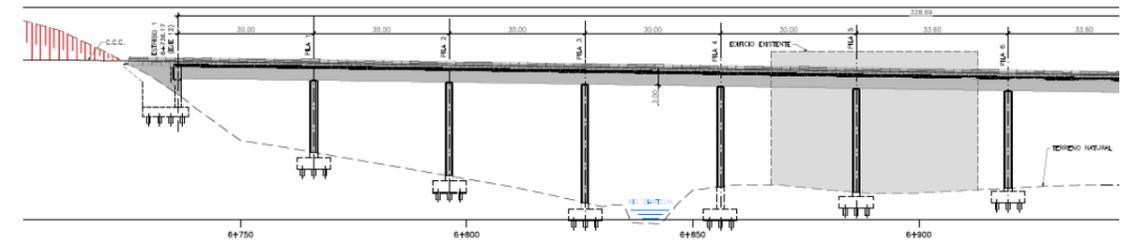
La tipología para el tramo cuenta con un canto de un metro de losa postesada aligerada y en el segundo tramo se dispone una sección en cajón metálico de canto 2.40 metros con atirantamiento extradadosado, formado por dos pilonos de 30 m de altura aproximadamente, con doble fuste de acero de alta resistencia y cuatro parejas de tirantes rígidos de acero convencional.



A partir de este viaducto esta alternativa comparte estructuras con la alternativa Sur.

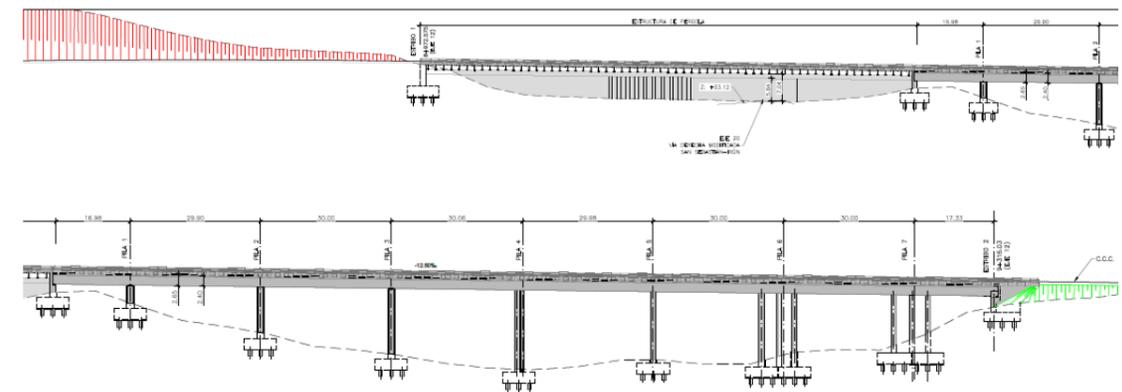
3.4.3.2. Viaducto río Oiartzun

En esta zona se atraviesa el río Oiartzun y el polígono industrial Talaia Aranguren. Para la estructura del viaducto se dispone una sección de cajón constante de hormigón con canto 3 metros, que salva una luz máxima de 46.20m. La altura de pilas ronda los 25-40 metros.

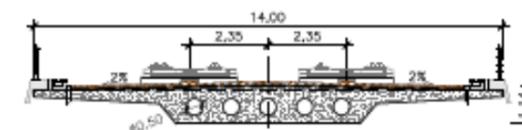


3.4.3.3. Viaducto Madrid Hendaya I

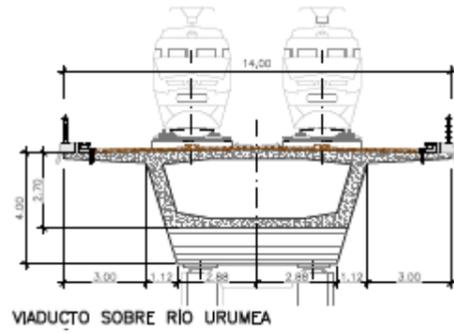
Se dispone tablero de vigas prefabricadas ajustados a luces de 30 metros con canto variable de 2,40 a 2,65 metros, unido a una pérgola en su inicio que salva la línea "topo".



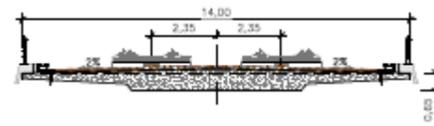
3.4.3.4. Secciones tipo



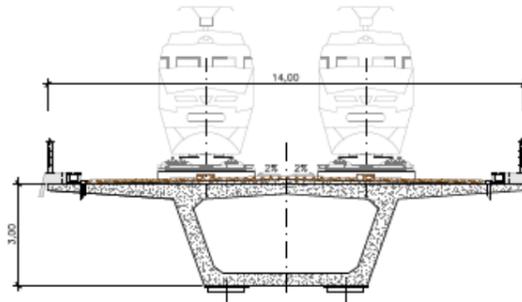
VIADUCTO SOBRE RIO URUMEA



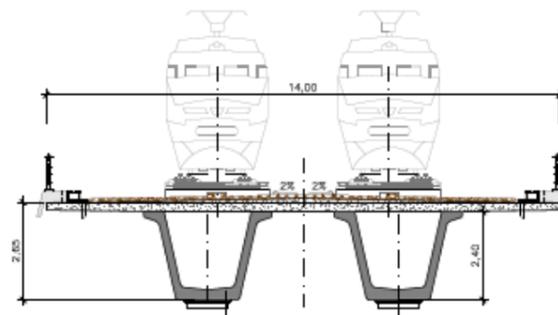
VIADUCTO SOBRE RÍO URUMEA



VIADUCTO SOBRE RÍO URUMEA



VIADUCTO SOBRE RÍO OIARTZUN



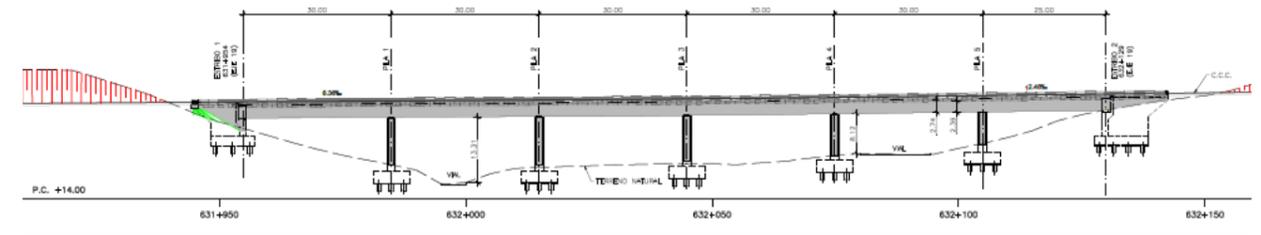
VIADUCTO SOBRE LÍNEA MADRID-HENDAYA I

3.5. Nudo Oiartzun

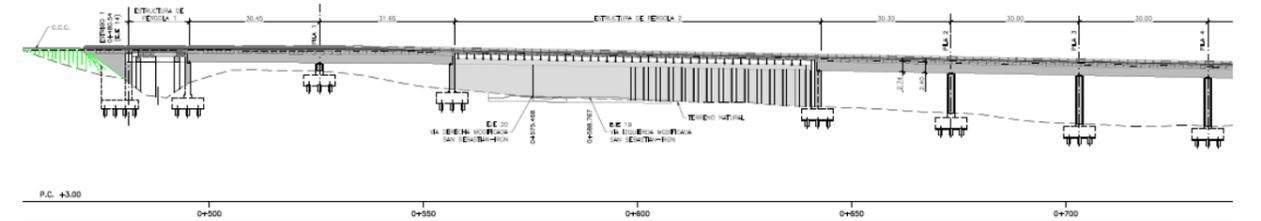
3.5.1. Descripción de la solución

Para las estructuras correspondientes al nudo se dimensiona un tablero de vigas prefabricadas ajustado a luces de 30metros unido a sucesivas pérgolas en los

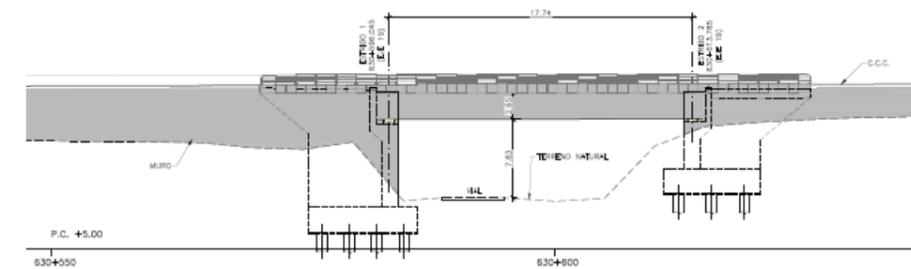
diferentes pasos producidos con un esviaje elevado como son el ramal al puerto y las estructuras que salvan la línea "topo".



VIADUCTO SOBRE GI-636

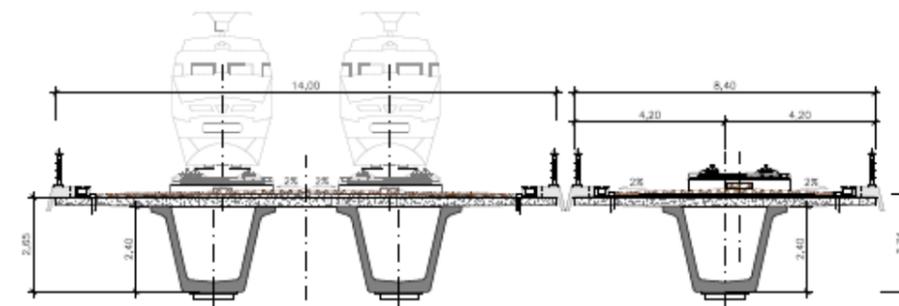


VIADUCTO Y PERGOLAS SOBRE LÍNEA MADRID-HENDAYA II (TRAMO 1)

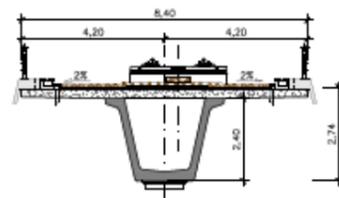


VIADUCTO SOBRE ENLACE

3.5.2. Secciones tipo



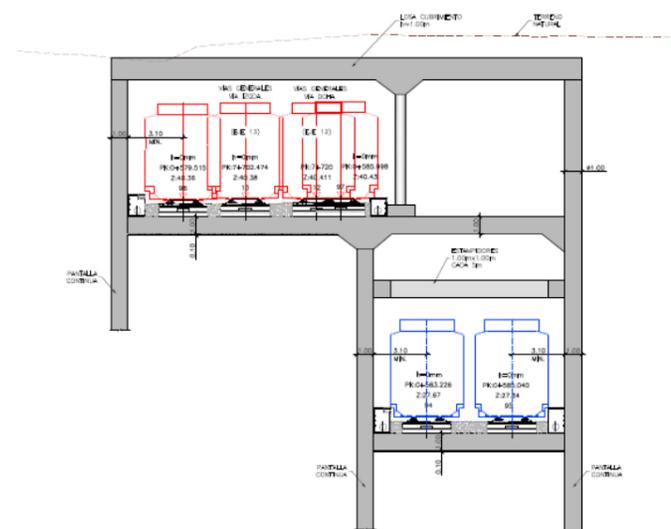
VIADUCTO SOBRE ENLACE



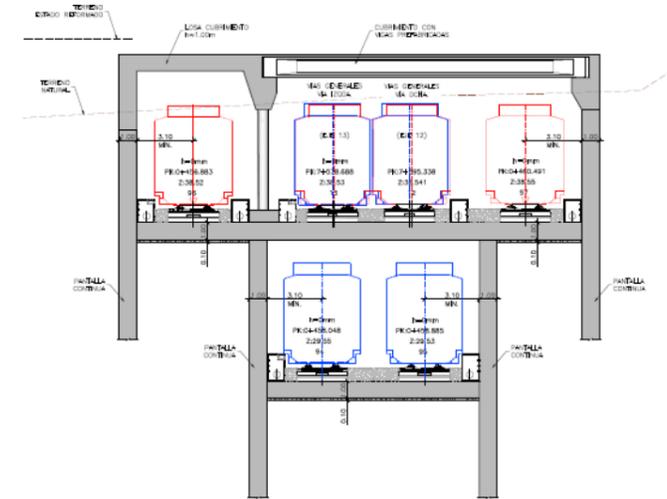
VIADUCTO SOBRE LINEA MADRID-HENDAYA II

3.5.3. Acceso a Francia

En previsión a la futura conexión tiene previsto realizarse un desvío de las vías para poder ejecutar la estructura de las futuras vías. Para ello se amplía el ancho de la estructura de los falsos túneles previstos. Se tiene prevista en esta zona una estructura compleja en falso túnel. Se muestran a continuación secciones esquemáticas de la zona:



P.C.-20



P.C.-20

3.6. Procesos de construcción

En este apartado se describen de forma somera los métodos constructivos de las diferentes estructuras definidas en las distintas Alternativas, en líneas generales, y por su utilización se distinguirá entre:

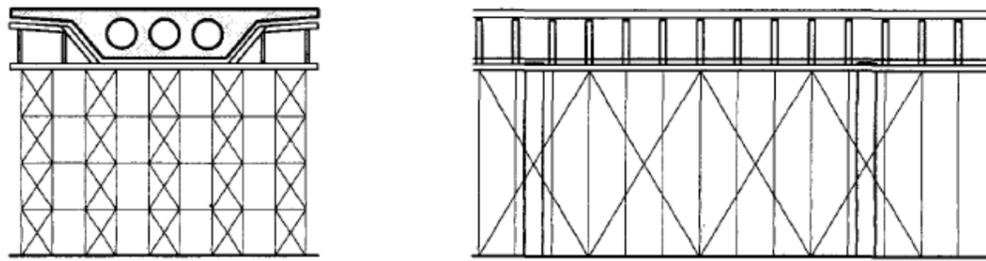
- Estructuras ejecutadas in situ.
- Estructuras prefabricadas.

Dado que el mayor número de estructuras que se definen en el presente anejo se corresponden con viaductos y pérgolas, el presente epígrafe se centrará en dichas tipologías"

Dado que el mayor número de estructuras que se definen en el anejo se corresponden con viaductos y pérgolas, el presente epígrafe se centrará en dichas tipologías. A continuación, se trata cada una de ellas.

3.6.1. Estructuras ejecutadas in situ

En general, el método constructivo más frecuente en las obras ejecutadas in situ es el cimbrado convencional. El sistema consiste en sostener los encofrados sobre los que se va a hormigonar el tablero mediante una estructura metálica constituida por vigas y puntales, tal y como se puede ver en la siguiente figura:



Cimbrado convencional

En determinados Vanos del tablero, el sistema de sostenimiento puede ser tipo pórtico (cimbra aporticada), para de esta manera poder salvar obstáculos tales como cauces, viales, etc., tal y como se puede ver en la siguiente fotografía:

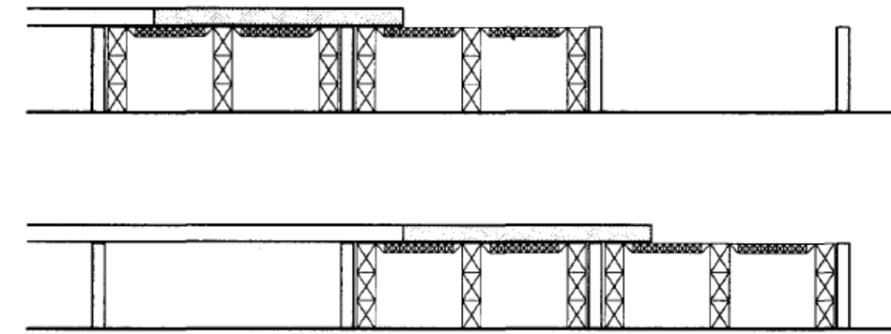


Sostenimiento tipo pórtico

En el caso particular de puentes de gran longitud, al no poderse cimbrar todo el tablero de una vez, es necesario recurrir a la construcción por fases. En las distintas alternativas de trazado de este Estudio se han previsto distintas estructuras que cumplen estas condiciones, por lo que este método constructivo será el más adecuado.

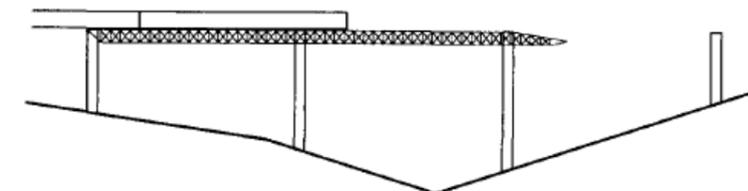
Este es el caso de losas o cajones de hormigón pretensado por encima de los 140 o 150 m de longitud total, en la que además hay que considerar que las pérdidas de pretensado inhabilitan el poder ejecutar todo el tablero en una única fase.

El esquema gráfico que a continuación se adjunta representa dicho método constructivo.



Construcción por fases

En el caso particular de alturas de tablero elevadas respecto del terreno natural, se emplea la autocimbra en lugar de cimbrado convencional, según el siguiente esquema:



Autocimbra

Las autocimbras más utilizadas son las que permiten salvar luces entre 40 y 50 m, recurriendo a estos vanos habitualmente.

3.6.2. Estructuras prefabricadas

Las estructuras tipo pérgola o viaductos prefabricados previstas en las distintas alternativas de trazado de este estudio entran dentro de esta categoría, puesto que su tablero estará formado, parcialmente, por elementos prefabricados.

Los elementos prefabricados del tablero son vigas de hormigón más las correspondientes placas de encofrado perdido. Posteriormente se ejecuta la losa superior de compresión in situ. Este método constructivo posibilita la ejecución del tablero con la menor interferencia posible a las vías en servicio.

La colocación de los elementos prefabricados se efectúa mediante grúa, siempre que el peso de los elementos y la altura de la rasante lo permita, tal y como se indica en los siguientes esquemas figuras adjuntas:



Colocación de elementos prefabricados

Este mismo sistema constructivo se emplea para pasos superiores o viaductos de elementos prefabricados según se ha mencionado anteriormente.

3.6.3. Estructuras singulares

Debido a las luces requeridas en algunas de las estructuras puede ser necesario recurrir a estructuras denominadas singulares por su complejidad tanto de diseño como de ejecución, a grandes rasgos las dos tipologías singulares serían:

- Viaducto de sección variable.
- Viaducto sección en arco.

El proceso constructivo en cada uno de los casos sería el descrito a continuación.

VIADUCTO DE CANTO VARIABLE

Este tipo de soluciones se ha planteado para los casos en los que no es posible disponer pilas definitivas en una zona que implica un vano considerable ($\geq 70,0$ m), lógicamente y en la misma línea se ha intentado minimizar las afecciones a la zona durante la ejecución del tablero, planteándose dos posibles soluciones:

- Ejecución del tablero con dovelas.
- Ejecución del tablero en avance en voladizo.



Avance en voladizo desde pilas.



Cierre del avance en voladizo.



VIADUCTO METÁLICO.

Esta solución se plantea en el caso de salvar luces considerables, superiores a los 80,0 m y que además no es posible conseguir canto bajo la rasante, por lo que es necesario ejecutar una estructura superior que soporte la vía.

En general se ejecutan metálicos y dependiendo de las dimensiones se pueden colocar por uno de los sistemas descritos a continuación:

- Los pequeños mediante grúas.
- Hasta luces medianas se pueden lanzar.
- Prefabricados en dos partes y montados con cabes auxiliares.
- Ejecutados en varios tramos y montados en obra girando cada uno de ellos.

La triangulación metálica debe ser capaz de transmitir compresiones al tablero (ejecutado completamente) mediante la materialización de una unión rígida.