

DOCUMENTO N° 1. MEMORIA Y ANEJOS  
**ANEJO N° 18. ESTRUCTURAS**



## INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	OBJETO Y ALCANCE.....	5
2.1	LOCALIZACIÓN.....	5
2.2	VIAL.....	5
2.3	CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.....	5
3	DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA ESTRUCTURA.....	6
4	DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA.....	7
4.1	AMPLIACIÓN LATERAL DE PILONOS:.....	7
4.1.1	Cimentaciones:.....	8
4.1.2	Ampliación lateral de fustes.....	8
4.2	AMPLIACIÓN LATERAL DE LAS PILAS DE RETENIDA P-13 Y P-16:.....	8
4.3	TABLERO.....	9
5	PROCESO CONSTRUCTIVO PREVISTO.....	9
5.1	FASE 1. IMPLANTACIÓN DE LA OBRA Y TRATAMIENTO DE SERVICIOS AFECTADOS.....	10
5.2	FASE 2. AMPLIACIÓN DE PILONOS ACTUALES.....	11
5.2.1	Fase 2.1: tratamiento de mejora de la cimentación.....	11
5.2.2	Fase 2.2: ejecución de nueva zapata sobre encepado existente.....	12
5.2.3	Fase 2.3: ampliación lateral de fustes.....	13
5.2.4	Fase 2.4: instalación de grúas torre.....	20
5.3	FASE 3. AMPLIACIÓN DE PILAS DE RETENIDA.....	22
5.4	FASE 4. SUSTITUCIÓN DE TIRANTES Y ACONDICIONAMIENTO LATERAL DE PLATAFORMA.....	24
5.4.1	Fase 4.1 y 4.2: Montaje de estructura metálica de tablero y pre-instalación de tirante definitivo.....	25
5.4.2	Fase 4.3.: Sustitución de tirantes y acondicionamiento lateral de la plataforma.....	31
5.5	FASE 5: ACONDICIONAMIENTO GLOBAL DE PLATAFORMA.....	32
5.5.1	Necesidades de ocupación.....	32
5.5.2	Medios auxiliares (análisis conceptual que deberá concretar el Constructor en fase de obra).....	33
5.5.3	Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30.....	33
5.6	FASE 6: ACABADOS Y FIN DE OBRA.....	33
5.7	POSIBLE AMPLIACIÓN FUTURA FINAL.....	33



## 1 INTRODUCCIÓN

El puente del Centenario se corresponde con una obra emblemática y singular que se proyectó y ejecutó con vistas a la celebración de la Exposición Universal que tuvo lugar en la ciudad de Sevilla en el año 1992, cuyo nombre se otorga en conmemoración al lugar de referencia donde está ubicado, el muelle del Centenario, llamado así para conmemorar los 100 años de la Junta de Obras del Puerto de Sevilla.

El puente presenta una longitud total de 2016,59 m, formando a su vez por tres estructuras claramente diferenciadas, dos viaductos de acceso y un viaducto central, formado por un puente atirantado.

Transcurridos 27 años de su inauguración, en noviembre de 1991, el tramo atirantado presenta indicios de que en los anclajes inferiores del sistema de atirantamiento no está garantizado su aislamiento frente al agua, siendo por tanto susceptibles a sufrir deterioros, cuyo avance en el tiempo puede comprometer seriamente la funcionalidad y seguridad de la estructura, con el consiguiente riesgo para la integridad del importante tráfico viario que soporta esta infraestructura. Razón que motiva la necesidad de proceder a la sustitución del actual sistema de atirantamiento por un nuevo sistema de tirantes, gracias a los importantes avances técnicos que presenta la tecnología actual de atirantamiento de puentes respecto a la tecnología utilizada en la época en la que se construyó.

De esta forma, el presente documento tiene por objeto realizar una presentación de las líneas generales en las que se organiza el proceso constructivo inicialmente previsto para la ejecución de los trabajos de sustitución de los actuales tirantes del puente del Centenario. Esta descripción se establece a nivel conceptual con objeto de estudiar y confirmar la viabilidad técnica de ejecución de los trabajos de reparación proyectados, cuyo desarrollo en detalle será objeto de documentos posteriores.

## 2 OBJETO Y ALCANCE

### 2.1 LOCALIZACIÓN

El puente del Centenario se localiza en el km 10 de la ronda de circunvalación de Sevilla SE-30, permitiendo salvar el obstáculo que supone la presencia del canal de navegación Alfonso XIII a través del cual el tráfico portuario accede a las distintas instalaciones, muelles y terminales que posee el puerto de Sevilla.



Figura 1. Localización en planta del tramo atirantado del puente del Centenario.

### 2.2 VIAL

En el punto en el que se encuentra la estructura, la autovía de circunvalación SE-30 soporta un tráfico

Tabla n°1. IMD vial. (Fuente: Mapa de Tráfico 2015. DGC. Ministerio de Fomento)

Año 2015	Total
IMD (Total)	97.853
Pesados	8.762
% Pesados	8,95

Estos datos han sido tomados en la estación de cobertura SE-221-2, situada en el P.K. 12+000 de la SE-30, según el mapa de tráfico del Ministerio de Fomento de 2015.

Según los datos del Mapa de Tráfico de 2017 editados por el Ministerio de Fomento, la IMD total de la estación de cobertura indicada asciende a 101.547 vehículos/día.

Según los datos más recientes facilitados por el Ministerio de Fomento, la estación SE-221-2 arroja unas lecturas provisionales en 2018 de IMD en el sentido ascendente de 51.772 veh/día, mientras que en sentido descendente la IMD es de unos 52.440 veh/día, lo que determina una IMD total de 104.212 vehículos/día.

### 2.3 CARACTERIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

La caracterización principal del emplazamiento en el que se ubica la estructura se corresponde con que el aproximadamente 80% de la longitud total del puente del Centenario (de 2.016 m) transcurre, de forma elevada, sobre terrenos pertenecientes al área de servicio del Puerto interior de Sevilla.

El puerto de Sevilla se corresponde con un puerto marítimo interior situado en el estuario del Guadalquivir, a unos 90 km de la desembocadura del río en el Golfo de Cádiz, a lo largo de los cuales el río resulta navegable hasta alcanzar las proximidades del centro metropolitano de Sevilla en donde se ubica el puerto.



Figura 2. Planta esquemática de áreas y uso portuarios

Atendiendo a la información pública que facilita la web oficial de la Autoridad Portuaria de Sevilla (<http://portal.apsevilla.com>), la delimitación de espacios y usos portuarios del puerto se organiza en 13 áreas diferenciadas, de las cuales las áreas 5 (Dársena del Batán), 6 (Mirador de Batán), 7 (Dársena del Cuarto) y 8 (Zona de Actividades Logísticas Z.A.L) son las áreas inmediatas que se ven afectadas por la presencia del puente del Centenario.

Los siguientes croquis muestran la distribución de las distintas áreas dentro del puerto de la superficie ocupada por el puerto de Sevilla:

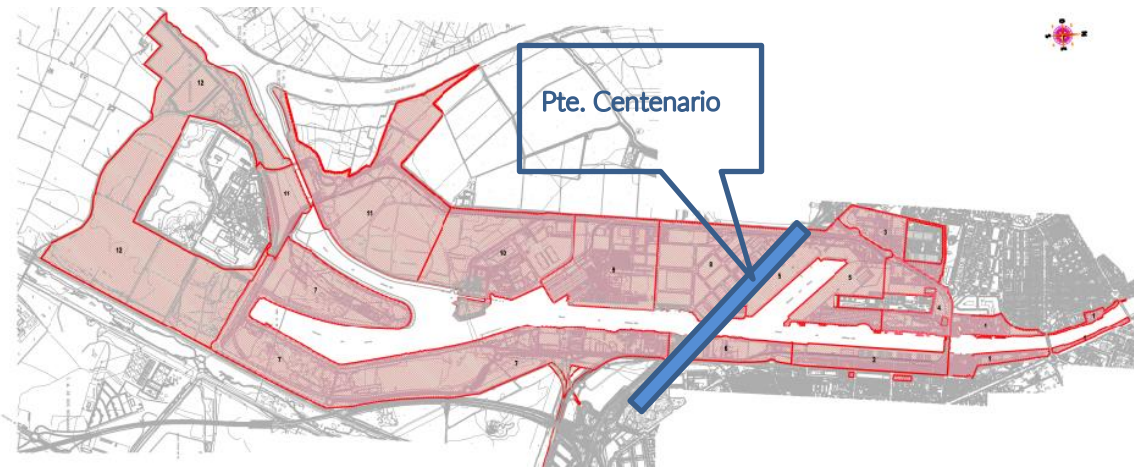


Figura 3. Planta general del puerto. (Fuente: Autoridad Portuaria de Sevilla)

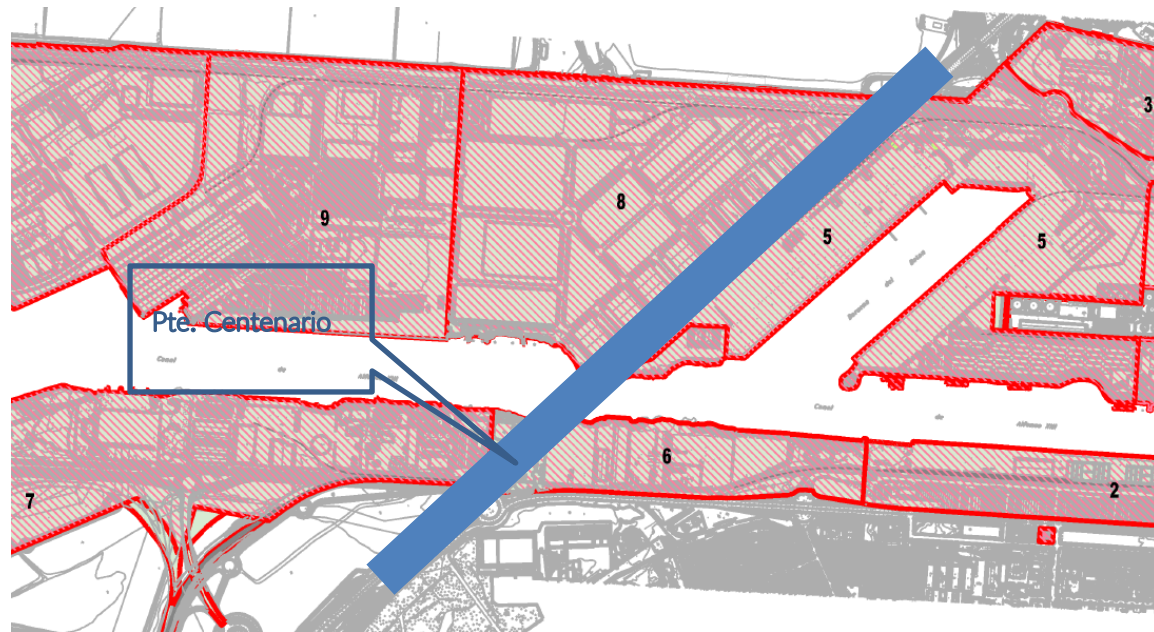


Figura 4. Distribución de áreas portuarias en las inmediaciones del puente del Centenario (Fuente: Autoridad Portuaria de Sevilla)

AREA Nº 5	DARSENA DEL BATAN
AREA Nº 6	MIRADOR BATAN
AREA Nº 7	DARSENA DEL CUARTO
AREA Nº 8	ZONA DE ACTIVIDADES LOGISTICAS (ZAL)

### 3 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA ESTRUCTURA

El puente del Centenario permite el cruce de la autovía de circunvalación SE-30 sobre el canal de navegación del puerto interior de Sevilla. El puente, de un ancho de tablero de 22 m y una longitud total de 2.016,59 m, está constituido por 3 estructuras diferenciadas: 2 viaductos de acceso y un viaducto central atirantado.

Debido a que la actuación de reparación proyectada afecta en exclusiva al tramo central atirantado, la descripción básica de la estructura se centrará en este viaducto, sin más que mencionar de los viaductos de acceso que:

- El viaducto de acceso del lado Cádiz tiene una longitud total de 511,76 m, distribuida en 12 vanos con luces de 41,98 m y 45,98 m (10x41,98+2x45,98m).
- El viaducto de acceso del lado Huelva tiene una longitud total de 940,08 m, está constituido por 28 vanos con la siguiente distribución de luces 2x41,50+13x42+20+8x22+19,50+3x32.
- En ambos viaductos de acceso, el tablero se resuelve por la clásica solución de tablero de vigas doble "T".
- El tramo atirantado, con una longitud total de 564,74 m, se compone de 5 vanos con luces de 48+102+265+102+48 m.

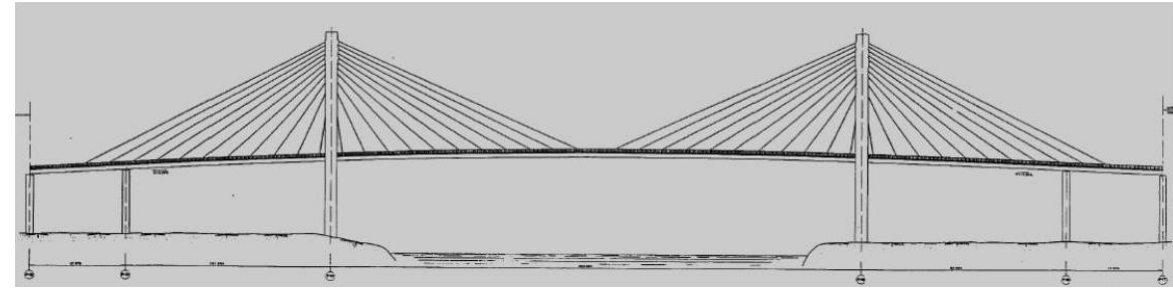


Figura 5. Alzado del tramo atirantado del Viaducto del Centenario

La sección transversal del tablero, de 22 m de ancho, está constituida por dos vigas de borde de tipo cajón, de 2,50 m de canto y continuas en toda la longitud del tramo atirantado. Cada 12 m, coincidiendo con la disposición de los anclajes pasivos de los tirantes, el tablero presenta unas vigas riostras transversales postensadas empotradas en sus extremos en las vigas cajón de borde, y que sirven de elemento de sustentación de las 5 vigas "doble T" centrales de 0,82 m de canto que constituyen la sección del tablero. Sobre el emparillado formado por las vigas riostras y las vigas longitudinales se dispone una losa de hormigón armado 20 cm de canto, ejecutada con la ayuda de prelasas no colaborantes.

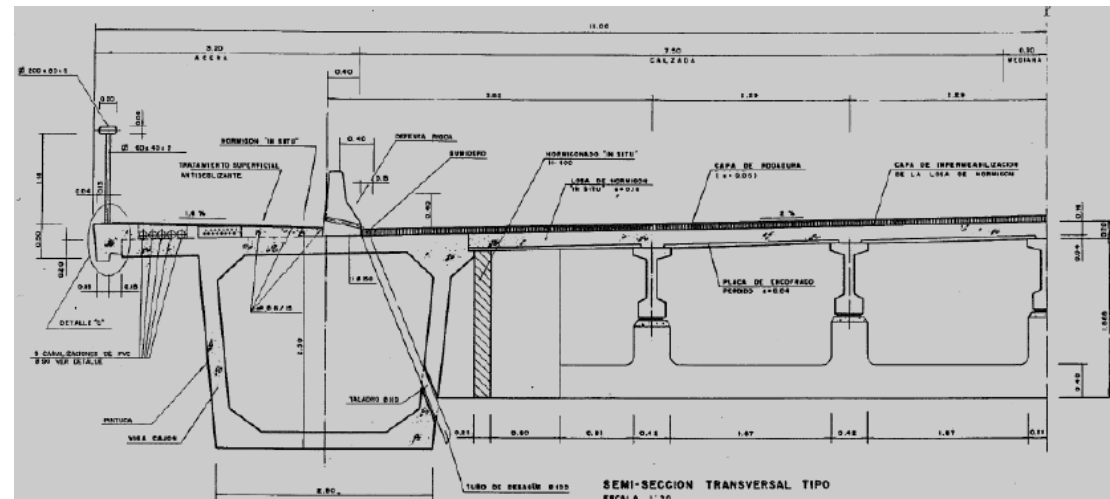


Figura 6. Detalle de semi-sección tipo en zonas riostra.

El tablero queda suspendido del sistema de atirantamiento del viaducto formado por un total de 88 tirantes. La disposición de tirantes obedece a una tipología de "abanico corregido o semi-arpa", donde los tirantes se anclan en el tablero a intervalos regulares de 12m, en coincidencia con la ubicación de las vigas riostras, mientras que en el pilono se anclan buscando la máxima altura posible, pero manteniendo la condición de que en cada punto de anclaje sólo se crucen dos tirantes, uno por cada lado de la pila.

Los tirantes se agrupan en dos haces de atirantamiento, cuasiverticales, y situados en la proximidad de los bordes laterales del tablero. Cada plano de atirantamiento en el pilono contiene, por fuste, un total de 22 tirantes (11 tirantes delanteros encargados de sustentar el vano principal y sus 11 tirantes de retenida para sustentar los vanos de compensación y equilibrar las cargas en los pilonos).

A su vez, los tirantes están constituidos por cordones de acero paralelos, alojados en el interior de una vaina doble de polietileno de alta densidad (interior negra y exterior blanca). El número de cordones que integran el tirante varía de unos tirantes a otros, con valores mínimos de 32 cordones en los tirantes más cortos de unos 37 m, hasta un máximo de 78 cordones en los tirantes de mayor longitud de unos 147 m. Conforme a la técnica de atirantamiento de la época de construcción, una vez tesados los tirantes, se procedía al relleno interior de la vaina interior global con una lechada de cemento con objeto de garantizar la durabilidad del acero.

Los pilonos (pilas 14 y 15) se corresponden con las pilas principales del tramo atirantado. Su tipología es de tipo pórtico mixto (hormigón+acero) en forma de "A" rectangular, compuesto por dos fustes verticales y dos dinteles horizontales de arriostramiento situados sobre un nivel intermedio y en coronación respectivamente. La altura de los pilonos es de unos 104,5 m desde la coronación de la cimentación. Los fustes verticales son de sección hueca, de 4,00x6,00 m de geometría exterior, hasta alcanzar la zona de los anclajes activos de los tirantes en donde la sección se maciza. Los dinteles son igualmente de sección hueca, de 4,50 m de ancho y canto variable. El dintel superior en cabeza es de sección mixta, mientras que el dintel intermedio se resuelve en hormigón armado, donde se reseña que el tablero se encuentra suspendido de los tirantes, sin apoyar el tablero sobre el dintel intermedio. La cimentación de los pilonos es profunda a base de un encepado dotado de unas pantallas de sección rectangular que hacen las veces de pilotes.



Figura 7. Vista general de las pilas principales (pilonos) del puente del Centenario

El resto de pilas del tramo atirantado son de tipo pórtico en forma de  $\Pi$ , constituidas por dos fustes de sección rectangular hueca, de contorno exterior de 4,20x2,50 m, con espesores de tablas de 0,40 m. El dintel es igualmente de sección rectangular hueca donde el ancho de 3,00 m permanece constante, mientras que el canto es variable entre los 2,22 y los 2,95 m. Cada fuste del pórtico de las pilas descansa sobre una cimentación profunda dotada de 4 pilotes de sección rectangular de 2,50x0,80 m.

Por último, indicar que en las pilas 13 y 16, para evitar el levantamiento del tablero inducido por la descompensación de luces (entre el vano principal y el vano adjunto) y por las fuerzas transmitidas por los tirantes, se procede al anclaje del tablero mediante la disposición en cada fuste de dos cables de postensado.

## 4 DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA

Para llevar a cabo la sustitución de los tirantes actuales por un nuevo sistema de atirantamiento es necesario llevar a cabo las siguientes actuaciones sobre la estructura existente:

- Ampliación lateral de pilonos.
- Ampliación lateral de pilas de retenida.
- Acondicionamiento de tablero para su sustentación por los tirantes definitivos.

### 4.1 AMPLIACIÓN LATERAL DE PILONOS:

Se plantea ampliar los fustes de los pilonos existentes por su cara exterior, para situar en estas ampliaciones laterales las nuevas familias de tirantes del sistema definitivo.

La ampliación de los pilonos existentes contempla:

- Ejecución de una nueva zapata sobre el encepado existente
- Ampliación lateral de los fustes.

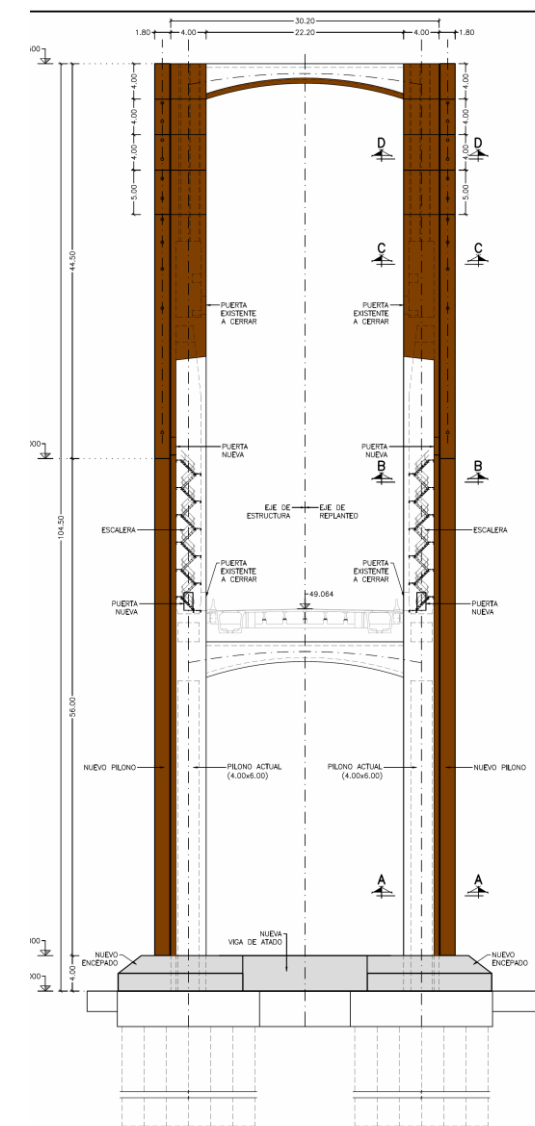


Figura 8. Vista frontal y lateral de la ampliación de los pilonos.

#### 4.1.1 Cimentaciones:

A nivel de las cimentaciones, se prevé la ejecución de una nueva zapata directamente apoyada sobre la coronación del encepado actual de los pilonos, sin conexión estructural entre ambos.

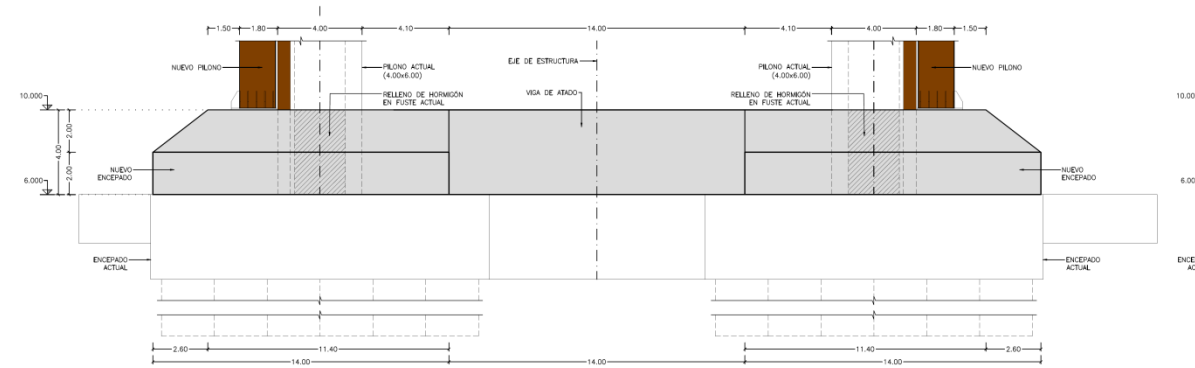


Figura 9. Vista en alzado de la nueva zapata sobre el encepado actual.

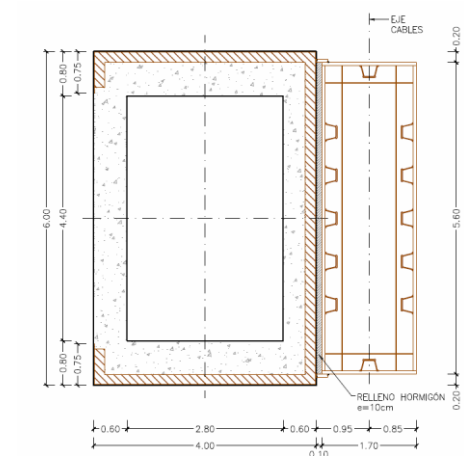


Figura 11. Sección tipo de la ampliación lateral de los fustes de los pilonos.

#### 4.2 AMPLIACIÓN LATERAL DE LAS PILAS DE RETENIDA P-13 Y P-16:

La ampliación de las pilas de retenida existentes contempla:

- Cimentaciones: Ejecución de una viga centradora directamente apoyada sobre la cimentación existente.
- Ampliación lateral de los fustes, mediante una sección transversal en cajón hueca ejecutada en hormigón armado y debidamente conectada al hormigón del fuste actual.

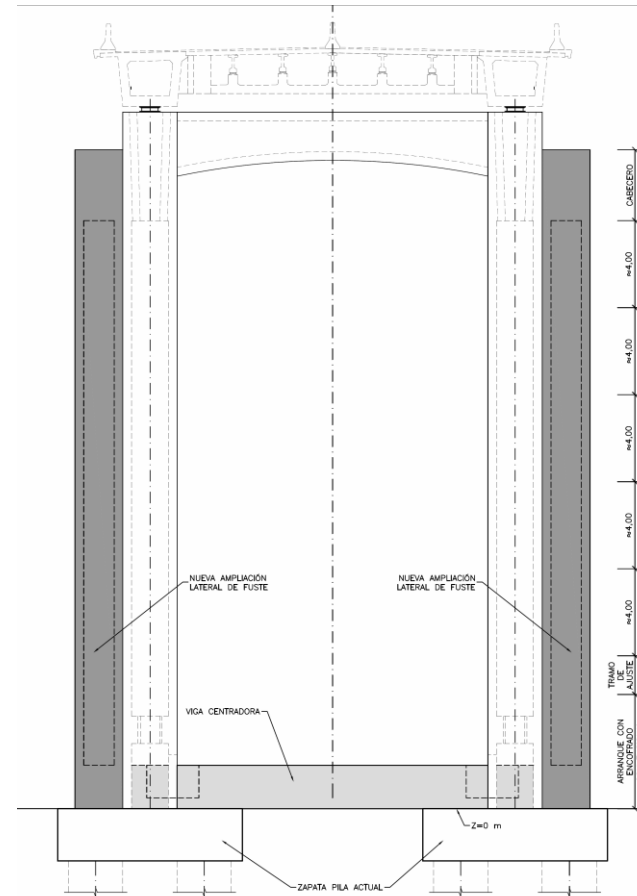


Figura 12. Ejecución de viga centrado y ampliación lateral de las pilas de retenida P-13 y P-16

#### 4.1.2 Ampliación lateral de fustes

La ampliación lateral de los fustes se extenderá en toda la altura de los fustes, realizándose mediante una estructura metálica en sección cajón cerrada, adosada a la cara exterior lateral de los pilonos existentes.

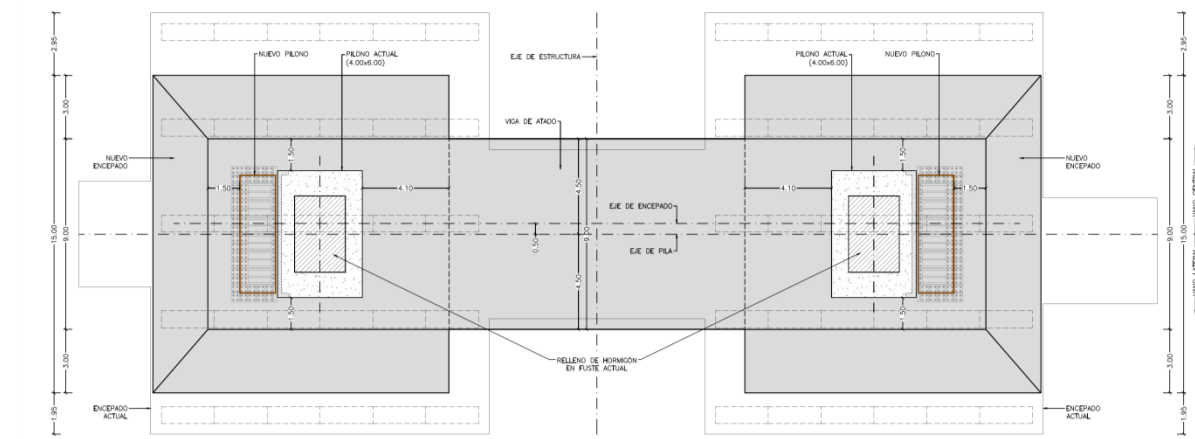


Figura 10. Vista en planta de la nueva zapata sobre el encepado actual.



### 4.3 TABLERO

La solución proyectada para posibilitar el cambio de tirantes consistirá, en esencia, en la disposición de unas vigas riostras transversales, metálicas, en cuyos extremos laterales se situarán los anclajes de los tirantes futuros, junto con la disposición, bajo tablero, de un entramado metálico con una configuración romboidal de perfiles.

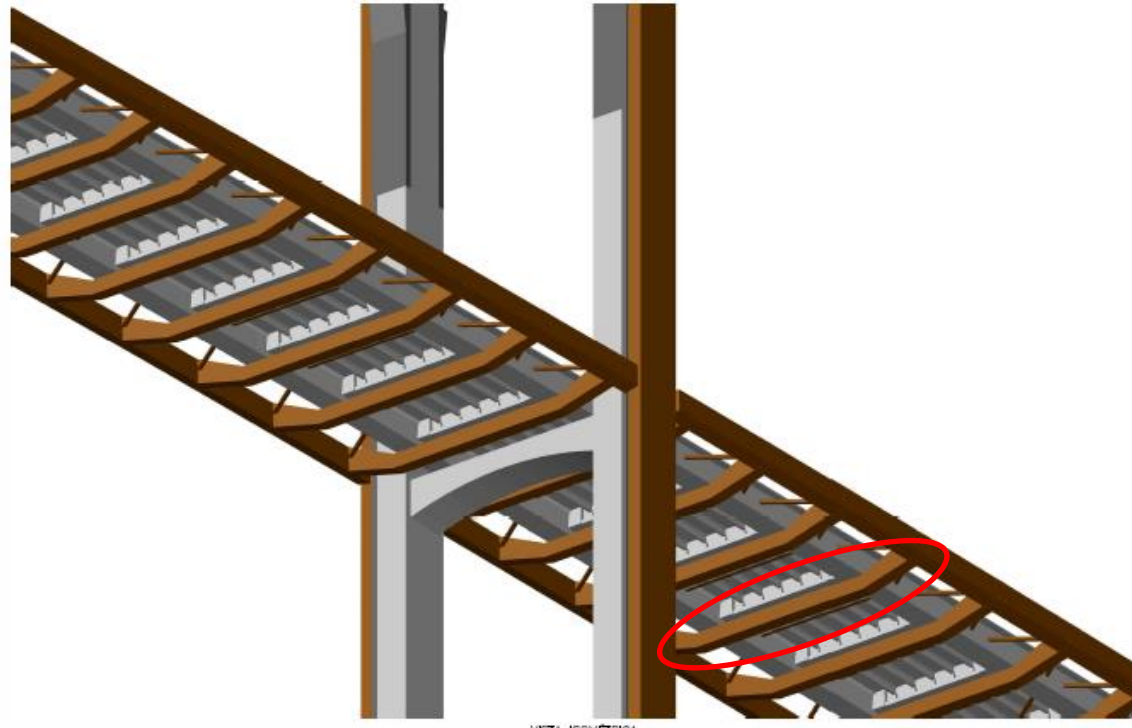


Figura 13. Infografía de la costilla metálica.

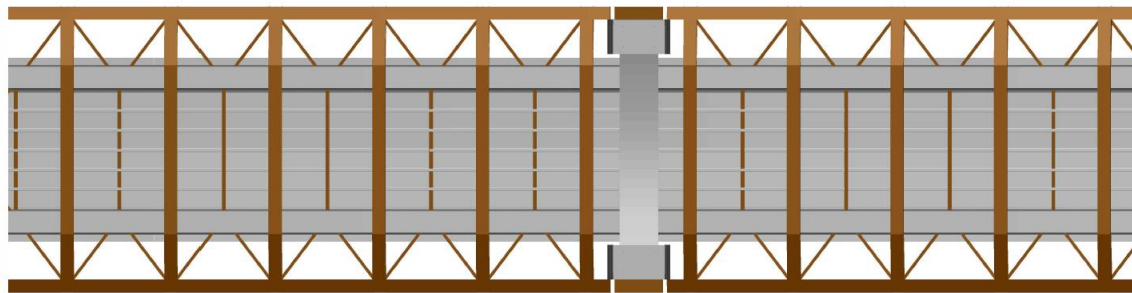


Figura 14. Entramado romboidal de puntales metálicos bajo tablero

Las vigas riostras, de sección transversal hueca en cajón cerrado, son los elementos portantes principales encargados de sustentar las cargas del tablero a través de unos aparatos de apoyo dispuestos entre las vigas artesas actuales y las futuras riostras metálicas, y transmitir estas cargas al sistema de atirantamiento definitivo dispuesto en los extremos de las riostras.

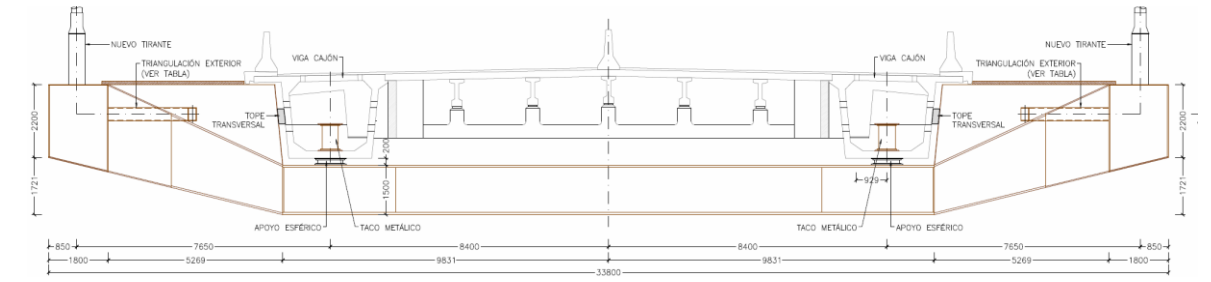


Figura 15. Vista frontal de riostra metálica.

De estas riostras nacen los elementos de triangulación exterior, formados por unos puntales metálicos de sección tubular hueca, encargados de inyectar en el tablero actual de hormigón la compresión inducida por la componente longitudinal del tiro de los tirantes.

En las secciones transversales del tablero actual coincidente con los nudos donde convergen los puntales inclinados de la triangulación exterior sobre la viga artesa lateral se hace necesaria la colocación de un puntal transversal para equilibrar las fuerzas de desvío local inducidas en esta sección.

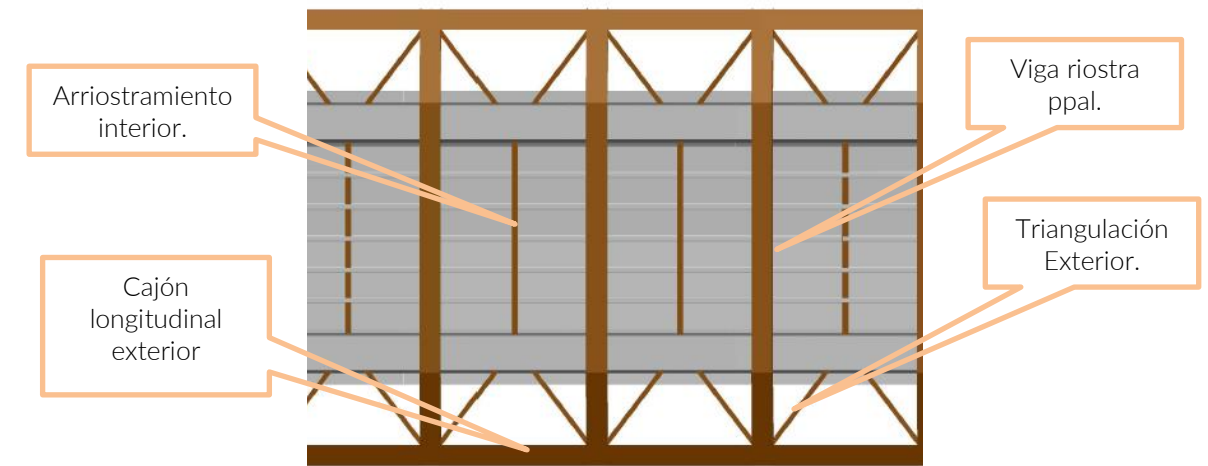


Figura 16. Configuración de entramado metálico bajo tablero.

Por último, indicar la disposición lateral, entre vigas riostras principales, de una viga longitudinal en cajón hueca, carente de función estructural en el mecanismo resistente global del tablero, cuya única función será permitir la dotación de una plataforma lateral, a modo de paseo, para posibilitar futuros trabajos de mantenimiento y conservación y como elemento de transmisión de cargas entre tirantes en situaciones accidentales de rotura de un tirante.

## 5 PROCESO CONSTRUCTIVO PREVISTO

El proceso constructivo inicialmente previsto para los trabajos de sustitución de los tirantes podría definirse, a nivel conceptual, en las siguientes grandes fases de ejecución:

- Fase 1: Implantación de la obra y tratamiento de servicios afectados.
- Fase 2: Ampliación de pilonos actuales. Esta fase, a su vez, se divide en:
  - Fase 2.1: Ejecución de tratamiento de mejora del terreno con inyecciones
  - Fase 2.2: Ejecución de nueva zapata sobre cimentación existente
  - Fase 2.3: Actuaciones de durabilidad del pilono existente

- Fase 2.4: Ampliación lateral de fustes.
- Fase 2.5: Montaje e instalación de grúas torre.
- Fase 3: Ampliación de pilas de retenida. Esta fase, a su vez, se divide en:
  - Fase 3.1: Ejecución de tratamiento de mejora del terreno con inyecciones.
  - Fase 3.2: Ejecución de viga centradora.
  - Fase 3.3: Actuaciones de durabilidad de pilas de retenida y extremas
  - Fase 3.4: Ampliación de fustes.
  - Fase 3.5: Disposición de elementos de retenida
  - Fase 3.6: Ejecución de ménsula en pilas de junta
- Fase 4: Sustitución de tirantes y acondicionamiento lateral de plataforma.
  - Fase 4.1: Trabajos preparatorios previos, tales como demolición de aceras, montaje de carro y elementos de izado, Actuaciones de durabilidad en el tablero existente y macizados de dovela.
  - Fase 4.2: Montaje de riostras y preinstalación de tirantes definitivos.
  - Fase 4.3: Sustitución de tirantes y acondicionamiento del lateral de la plataforma.
- Fase 5: Acondicionamiento global de plataforma, en su caso.
  - Adecuación de pretilas en zona de mediana.
  - Fresado, impermeabilización y reaglomerado.
  - Sustitución de junta de dilatación.
- Fase 6: Acabados.

En los siguientes apartados se realizará una descripción de los terrenos que se estiman necesarios ocupar para la ejecución de la obra, los trabajos a realizar en cada una de las fases previstas, así como un estudio de los procedimientos de ejecución y de la necesidad de medios auxiliares prevista en cada uno de ellos, con especial atención al estudio de los riesgos asociados al uso de unos u otros medios auxiliares. Por último, se realizará una estimación de los plazos de ejecución previstos en cada una de las fases principales que integran el proceso constructivo.

En la siguiente figura se resume de forma esquemática las principales ocupaciones previstas durante el desarrollo de las obras.

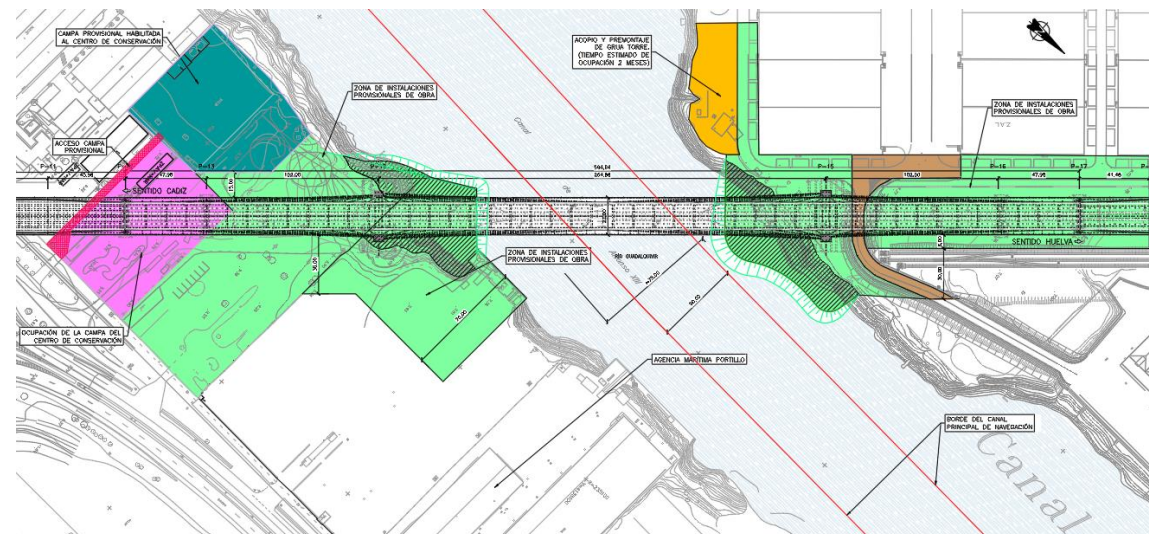


Figura 17. Esquema general de ocupaciones previstas durante las obras

## 5.1 FASE 1. IMPLANTACIÓN DE LA OBRA Y TRATAMIENTO DE SERVICIOS AFECTADOS.

La fase 1 se corresponderá principalmente con los trabajos asociados a la implantación de la obra, dentro de cuyos trabajos se incluiría:

- Cerramiento provisional de los terrenos que resulta necesarios ocupar para el desarrollo de la obra.
  - En el caso de la zona de instalaciones auxiliares de obra situadas en la zona de la pila 15, se prevé la necesidad de desmontar parte del cerramiento actual que impide el acceso a la sombra del puente en la zona del ZAL.



Figura 18. Desmontaje provisional de cerramiento existente



Figura 18. Vista del cerramiento existente junto al viario situado en la zona del ZAL

- Acondicionamiento de los terrenos ocupados por la obra, con objeto de poder establecer la zona de acopios, maquinaria, casetas de obra, etc. Estos trabajos consistirán en el despeje y desbroce de la zona, allá donde exista vegetación, así como posibles trabajos de explanación para la obtención de una superficie relativamente plana.
- Instalación de casetas de obra.
- Levantamiento exhaustivo de todos los servicios existentes, procediendo al estudio de las posibles afecciones y a la ejecución de los pertinentes desvíos o protecciones provisionales, de forma coordinada con los titulares de los servicios.
- Estudio y planificación de medios auxiliares necesarios para la ejecución de la obra, procediendo al encargo de redacción de sus proyectos de definición e instalación, así como al inicio de su fabricación, una vez se disponga la autorización de la Dirección de Obra en cuanto a los criterios últimos de diseño y de la adecuación documental de sus proyectos a la normativa nacional aplicable.
- Ejecución de península de escollera en el margen oeste del canal de navegación. Sobre esta península provisional se ejecutará un camino provisional que garantice el acceso a las instalaciones de la empresa "Frigoríficos del Guadalquivir", cuando por necesidades del proceso constructivo se requiera el corte puntual del camino de acceso existente.
- En el caso de la península provisional de escollera a ejecutar en el margen este del canal de navegación, su ejecución se podrá abordar en la presente fase 1, o bien, retrasar su ejecución al inicio de la fase 4 como paso previo para posibilitar el izado de las primeras dovelas del vano principal en las inmediaciones de la pila P-14 (pilono).

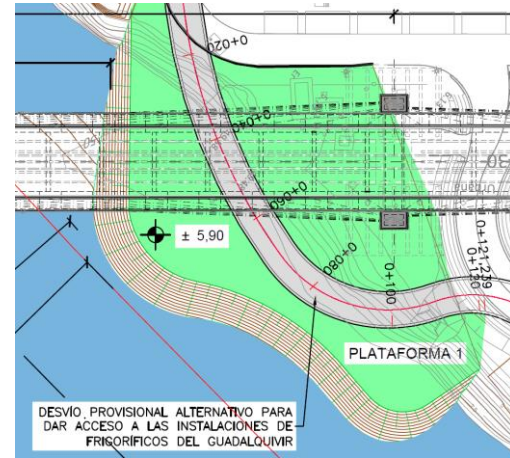


Figura 19. Península provisional de escollera y camino provisional alternativo de acceso a Frigoríficos del Guadalquivir.

## 5.2 FASE 2. AMPLIACIÓN DE PILONOS ACTUALES

El nuevo sistema de atirantamiento, en sustitución del existente, discurrirá por un plano paralelo al actual desplazado transversalmente hacia el exterior de la sección del tablero. Esta solución requiere la ampliación lateral de los pilonos para permitir el anclaje de los nuevos tirantes. La ampliación lateral del pilono se ejecutará mediante una estructura metálica adosada a la cara lateral exterior del pilono actual, formada por una sección metálica en cajón hueco, dotada de una rigidización transversal y longitudinal, soldada a la chapa metálica exterior del pilono actual.

Hasta la cota 66 (tomando como cota de referencia la cara superior del encepado de la cimentación actual, situada en la  $Z=6$  m), la sección metálica hueca se rellenará de hormigón, constituyendo una sección mixta de hormigón-acero. A partir de dicha cota, hasta la coronación del pilono, la sección no se maciza con objeto de proporcionar accesibilidad al interior del cajón de cara a los futuros trabajos de inspección y mantenimiento de los anclajes del sistema de atirantamiento.

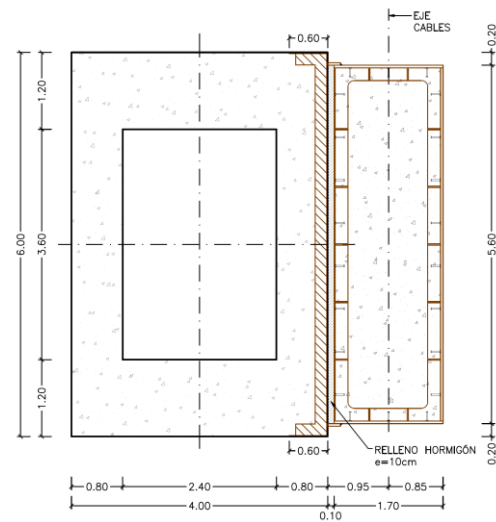


Figura 20. Sección maciza en ampliación lateral del pilono, desde arranque de pilono hasta la cota 66 m.

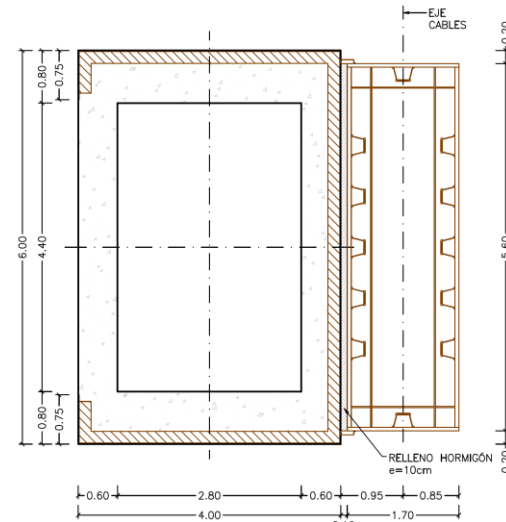


Figura 20. Sección metálica hueca en ampliación lateral del pilono, desde la cota 66 m hasta la coronación del pilono.

### 5.2.1 Fase 2.1: tratamiento de mejora de la cimentación

Con objeto de mejorar el comportamiento resistente del terreno de cimentación bajo los pilonos, se contempla la ejecución de una campaña de inyecciones en la zona del estrato de grava, con el objetivo de conseguir una recompresión del terreno en la zona de cimentación, incrementando con ellos su resistencia y creando una cimentación conjunta monolítica.

A su vez se realizarán inyecciones hasta superar la zona de alteración de la capa de margas que subyace bajo el estrato de gravas, aumentando la rigidez del terreno, con la consiguiente disminución de los asentos.

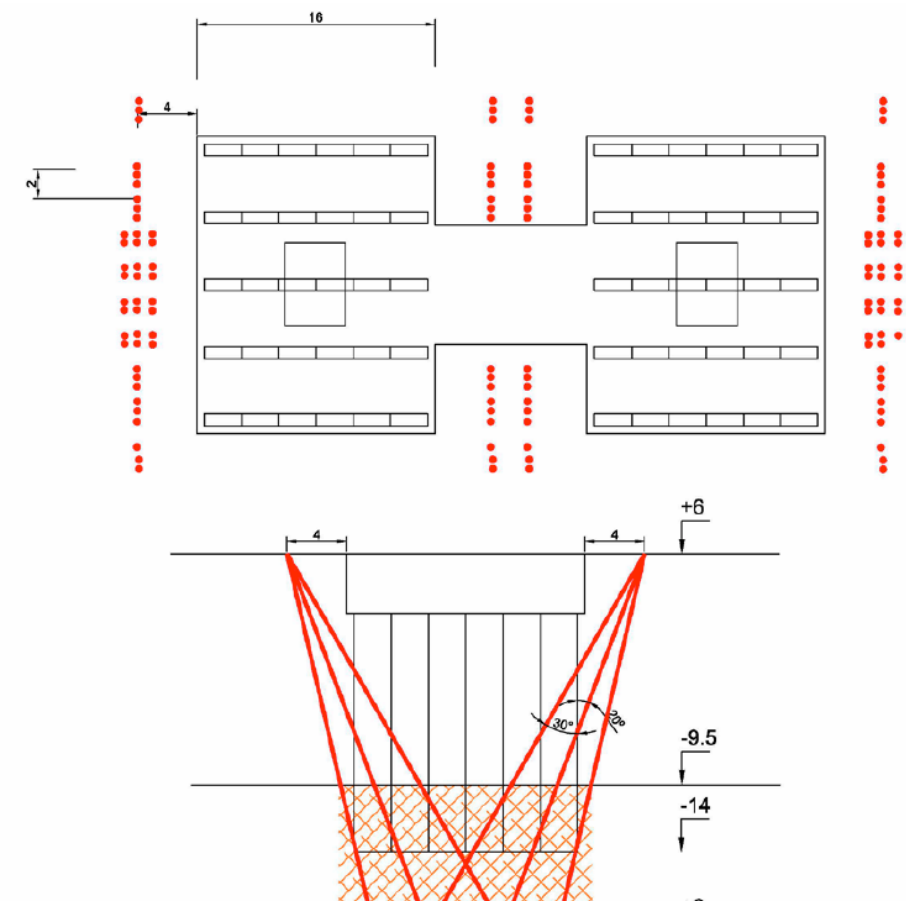


Figura 21. Tratamiento de inyecciones del terreno bajo cimentación de pilonos

#### Necesidades de ocupación

Para llevar a cabo los trabajos de perforación e inyección del terreno se requiere del acondicionamiento de cierta plataforma de trabajo sensiblemente horizontal para que pueda operar sin dificultades la maquinaria específica de esta actividad.

En el caso de la pila 15, la campaña de inyección requiere la ocupación del vial actual que permite el acceso a las instalaciones de la empresa de Frigoríficos del Guadalquivir, de forma que para garantizar el acceso a estas instalaciones se ha de ejecutar un camino alternativo, desviando el tráfico por este desvío en función de las necesidades de la obra. Por tanto, con carácter previo a la campaña de inyecciones se procederá a la ejecución de la península de escollera sobre la que discurrirá el camino de acceso alternativo. Localmente, en las inmediaciones de la cimentación existente, la península de escollera no se ejecutará hasta su coronación sobre la cota  $Z=5,90$  m, dejándose rebajada para tener descubierta la cimentación existente.

En el caso de la pila 14 también está prevista la ejecución de una península provisional de escollera cuya coronación se encontrará sensiblemente sobre la cota  $Z=6,00$  m. Desde dicha coronación se

podrá proceder a la realización de la campaña de las inyecciones (ya que es esa la cota a la que se supone que está la cota superior de la cimentación existente).

Se ha estimado una distancia mínima de ocupación para realizar los trabajos de tratamiento del terreno de 10 m respecto al borde del encepado existente.

#### Medios auxiliares (análisis conceptual que deberá concretar el Constructor en fase de obra)

Esta actividad no requiere la utilización de ningún medio auxiliar específico, más allá de la propia maquinaria utilizada en la perforación e inyección del terreno.



Figura 22. Ejemplo de maquinaria de tratamiento de inyecciones

#### Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

Los trabajos de mejora del terreno de cimentación de los pilonos no suponen ningún riesgo para la seguridad del tráfico de la SE-30.

El principal riesgo durante la ejecución de esta actividad se corresponde con cierta reducción de la visibilidad en las inmediaciones de la zona de trabajos debido al polvo generado durante los trabajos de perforación e inyección, lo cual podría afectar al tráfico del ramal de acceso a las instalaciones de Frigoríficos del Guadalquivir.



Figura 23. Polvo generado durante los trabajos de perforación.

#### 5.2.2 Fase 2.2: ejecución de nueva zapata sobre encepado existente

La nueva zapata de los pilonos se ejecutará sobre la coronación del encepado actual de los mismos, pero sin conectar estructuralmente entre ambos elementos. La nueva zapata tendrá unas dimensiones en planta de 15x14 m dotada de una viga de atado, conforme al croquis adjunto:

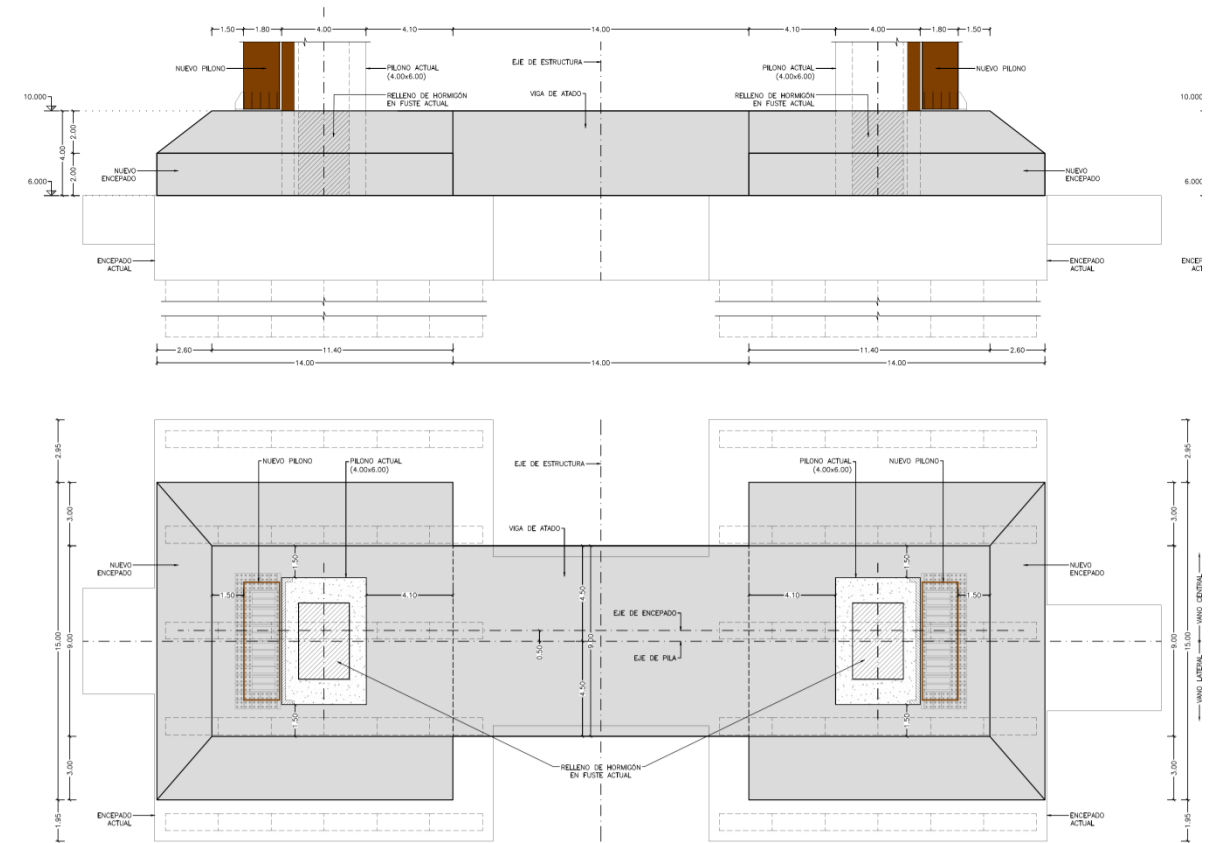


Figura 24. Alzado frontal (superior) y planta (inferior) de nueva zapata de pilonos sobre cimentación existente.

Los trabajos a realizar en esta fase se corresponden con:

- Ejecución de taladros de perforación en el arranque de los fustes actuales para alojar los cables de postensado.
- Ferrallado, encofrado y hormigonado.
- Operación de tesado de armaduras activas.

#### Necesidades de ocupación

Los trabajos se desarrollarán sobre la coronación de la cimentación existente, sin mayores necesidades de ocupación a las ya descritas con anterioridad para la fase precedente de inyecciones.

#### Medios auxiliares necesarios

Los medios auxiliares previstos se corresponden con:

- Equipos de hormigonado.
- Camión pluma para el manejo e izado de pequeñas cargas: encofrados, ferralla...
- Equipos de tesado.

### Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

Los trabajos de mejora del terreno de cimentación de los pilonos no suponen ningún riesgo para la seguridad del tráfico de la SE-30.

En cuanto a los viales internos del puerto, sólo la operación de tesado podría producir alguna situación de riesgo ante la rotura de algún cordón de pretensado que, durante el tesado, saliese proyectado pudiendo impactar sobre algún vehículo que transitase por el vial de acceso a las instalaciones de Frigoríficos del Guadalquivir, o su camino alternativo. Como medida preventiva se prohibirá durante el tesado la presencia del tráfico tras los anclajes activos.

### 5.2.3 Fase 2.3: ampliación lateral de fustes

La ampliación lateral de los pilonos actuales se resolverá una mediante una estructura metálica adosada a la cara lateral exterior del pilono actual, formada por una sección metálica en cajón hueca, dotada de una rigidización transversal y longitudinal, soldada a la chapa metálica exterior del pilono actual.

Hasta la cota  $Z=66$  m (sabiendo que la cara superior del encepado de la cimentación actual se corresponde con la  $Z=6$  m), la sección hueca de la ampliación se rellenará de hormigón, constituyendo una sección mixta de hormigón-acero. A partir de dicha cota, hasta la coronación del pilono, la sección no se maciza con objeto de proporcionar accesibilidad al interior del cajón de cara a los futuros trabajos de inspección y mantenimiento de los anclajes del sistema de atirantamiento.

Para la ejecución de la estructura metálica del fuste, de unos 104,50 m de longitud total, se dividirá en cierto número de módulos de menor longitud que permitan su transporte a obra. La longitud del módulo se definiría en fases posteriores de obra, buscando la longitud que optimice los costes de transporte, así como los costes debidos a terminar de ensamblar la pieza a pie de obra y proceder a su posterior izado y colocación en altura.

Los módulos del pilono se ejecutarán en un taller metálico y deberán ser transportados a la obra mediante vehículos especiales. Con objeto de minimizar los trabajos de soldadura a pie de obra, preferiblemente el módulo de la ampliación vendrá de taller totalmente ensamblado en una única pieza.

Sólo en el caso en el que las dificultades del transporte especial impidiesen la llegada a obra del módulo en una única pieza, se procedería a partir la fabricación del módulo en piezas. Una vez en obra, se procedería a ejecutar la unión de estas piezas para terminar de configurar la sección final de la ampliación. Estos trabajos se acometerían a cota de "suelo", debiendo disponerse una estructura metálica auxiliar que haga las veces de bancada de trabajo para posicionar sendas piezas y ejecutar la unión de las piezas.

Deberán realizarse ensayos para caracterizar las chapas y pruebas de soldeo del pilono existente. Previamente a la fabricación de la estructura metálica deberá realizarse un replanteo en altura de los pilonos que garantice el ajuste geométrico de la ampliación. Así como chorreado previo a soldeo.

Para los módulos correspondientes a los primeros 60 m del fuste donde el interior del cajón se rellena con hormigón, igualmente se procederá en el taller a la colocación y fijación de la ferralla a la sección metálica ya ensamblada (a excepción del armado de solape con el módulo anterior, el cual deberá ser dispuesto en obra).

Una vez terminado el ensamblaje de la sección metálica final se procedería al izado de la pieza a su posición definitiva y a ejecutar su conexión soldada al pilono existente.

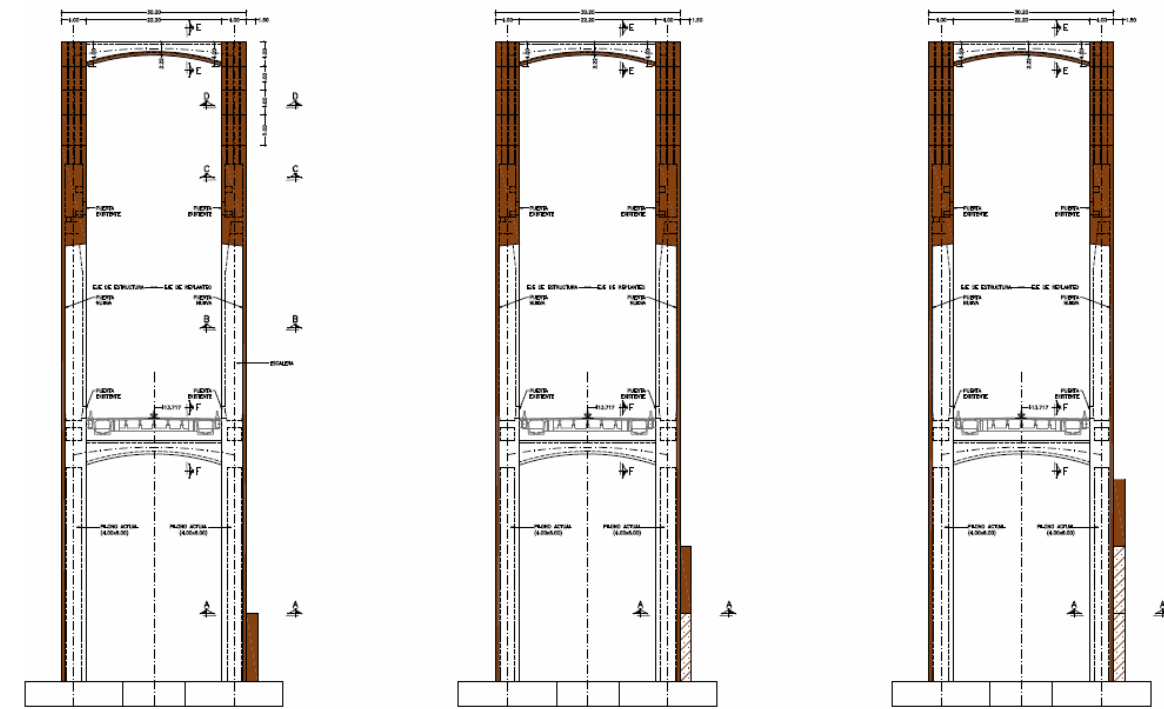


Figura 25. Izado de módulos de la ampliación lateral de los pilonos metálico.

Terminada la unión soldada del módulo al pilono existente, se procedería al relleno con hormigón del hueco dejado entre el paramento del pilono existente y la sección de la ampliación. Esta operación de macizado de la sección con hormigón, como ya se ha indicado, se ejecutará para los primeros 60 m de fustes, cota a partir de la cual la sección queda hueca para garantizar su accesibilidad interior para la inspección y mantenimiento de los anclajes de los tirantes.

Un punto singular de los recrecidos de los pilonos se corresponde con las secciones en donde se establece la conexión del recrecido con los travesaños del pilono actual. Esta vinculación se establece mediante el uso de barras de pretensar. A modo de ejemplo se adjunta el detalle de la vinculación del recrecido del pilono con el travesaño inferior.

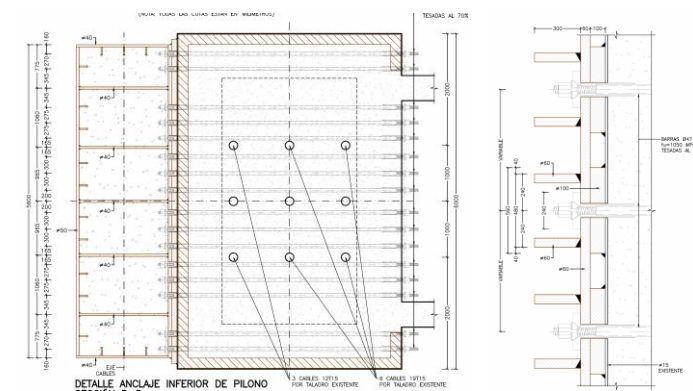


Figura 26. Detalle de conexión recrecido pilono-travesaño inferior.

El proceso constructivo previsto sería:

- Ejecución de las chapas de #50 mm
- Colocación del módulo del recrecido del pilono. Este módulo estará dotado de ventanas en su perímetro a cuyo través accederá el personal de obra al interior de la sección hueca del recrecido.

- Ejecución de los taladros pasantes desde la cara interna del pilono existente.
- Enfilado y tesado de barras de pretensar.
- Ejecución de cupones metálicos para el cierre de las ventanas provisionales.

#### Necesidades de ocupación

No se prevé la necesidad de ocupar ningún terreno adicional a los ya previstos como instalaciones provisionales de obra.

#### Medios auxiliares necesarios

En relación a la maquinaria y a los principales medios auxiliares previstos para acometer la ampliación se corresponden con:

- Medios especiales de izado.
- Equipos de hormigonado:
- Plataformas de trabajos auxiliares para el acceso del personal de obra.

#### Medios especiales de izado:

Se requerirán medios especiales de izado para la colocación en altura de los módulos metálicos de la ampliación. Debido a la significativa altura del pilono, con un fuste de unos 105 m, se tendrá que recurrir a potentes medios de izado. Las posibles alternativas, serían:

- Grúas telescópicas autopropulsadas de 500 t o 1000 t, en función del peso del módulo y de la altura de izado.
- Grúa de cadenas y en celosía del tipo Liebherr LR 1600 o similar.
- Sistemas de izado de heavy lift posicionado en el dintel de coronación del pilono.
- Esta alternativa se descarta "a priori" tanto en cuanto requiere una estructura metálica auxiliar anclada en la cabeza del pilono y la presencia permanente de personal en la cabeza del pilono a 105 m de altura durante su operativa, debiéndoles dar un medio de acceso que puede interferir y dificultar la maniobra de izado de los módulos.



Figura 27. Sistemas de izado por cable de heavy lift



Para implantar este sistema sería necesario diseñar una estructura metálica, anclada al dintel superior en coronación del pilono, que sobrevuele de la planta del pilono para posibilitar el izado de la pieza.

- Emplear la grúa torre como elemento de izado de la estructura metálica de la ampliación lateral de los fustes.

Esta alternativa se descarta por la poca capacidad de izado de este tipo de grúas que conllevaría la necesidad de restringir sobremanera las longitudes de los módulos de montaje en detrimento de los plazos de ejecución por el mayor número de soldaduras a ejecutar a pie de obra.

Por tanto, para el izado de los módulos del pilono se prevé el uso de grúas telescópicas autopropulsadas o bien de celosía sobre cadenas.



Figura 28. Grúa de cadenas en celosía.



Figura 28. Grúa telescópica autopropulsada.

Como criterio general, podría indicarse que los costes de instalación y montaje de las grúas de cadenas son muy superiores al de la puesta a disposición de las grúas autopropulsadas. Sin embargo, a nivel de costes horarios de los equipos, la grúa autopropulsada suele resultar más cara que la grúa de celosía, pudiendo concluirse que para periodos cortos es más competitiva la grúa telescópica

autopropulsada, mientras que para estancias más largas en la obra podría acabar siendo más competitiva en costes la grúa de cadenas.

A este respecto, un aspecto que puede adquirir relevancia por los condicionantes propios de la obra es que el uso de grúas telescópicas autopropulsadas presenta una mayor versatilidad y rendimiento ya que con una unidad de grúa podemos abarcar, de forma prácticamente simultánea, el izado de los módulos de sendos fustes de un mismo pilono. De esta forma un día se puede izar el módulo de uno de los fustes, para al día siguiente estar en condiciones de poder izar otro módulo en el otro fuste sin más que recoger la pluma de la grúa y posicionarse al otro lado del tablero, cruzando bajo el mismo.

En el caso de utilizar grúas de celosía no se podría abarcar un recrecido simultáneo de ambos fustes de un mismo pilono haciendo uso de una única grúa, ya que ésta es incapaz de cruzar por debajo del tablero, salvo que se proceda a un desmontaje parcial de su pluma (y nuevo montaje al otro lado del tablero), en claro detrimento de los rendimientos de obra. Por tanto, el recrecido simultáneo de ambos fustes sólo sería posible duplicando las unidades de grúa, encareciendo con ello la solución.

Un aspecto importante a considerar en la elección definitiva de grúa telescópica es que debido a la estrechez de la sección metálica de la ampliación (ancho 1,70 m), habría que asegurarse que la cabeza de la pluma telescópica pueda izar y colocar la pieza sin topar con el pilono existente. En principio, con los modelos de grúa consultados, (grúa de 500t y 1000t), parece salvarse este escollo. Las figuras siguientes muestran la problemática comentada, así como los resguardos esperados en esta operación.

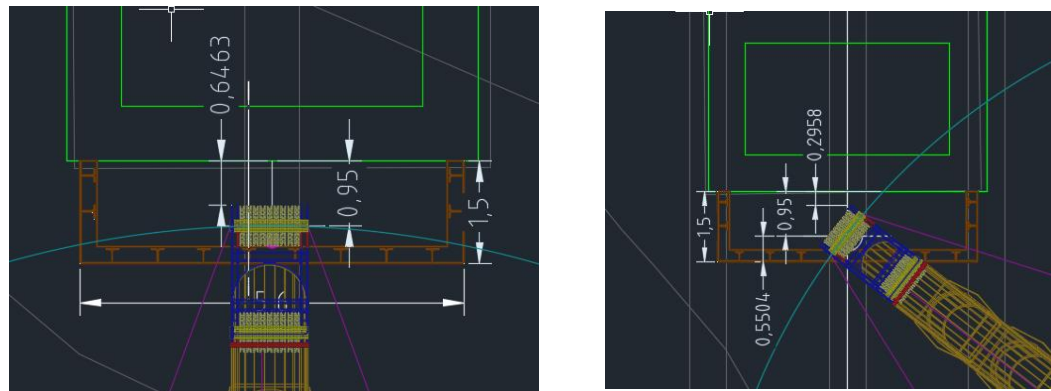


Figura 29. Resguardos esperados entre cabeza de pluma y pilono, según distintos ángulos de posicionamiento de la pluma respecto al pilono.

En base a todo lo anterior, de recurrir al uso definitivo de grúas telescópicas, el planteamiento propuesto consistiría en dividir la ampliación del fuste de los pilonos en 9 módulos, empleando la tipología y configuración de grúa indicada en la siguiente tabla:

modulo	Longitud módulo (m)	Peso del módulo (t)	Altura de izado (m)	Tipo de grúa
1	14	70	18	500T arriostrada
2	14	70	32	500T arriostrada
3	14	70	46	500T arriostrada
4	12	60	58	500T arriostrada
5	12.5	72	70.5	1000T arriostrada
6	10	59	80.5	1000T arriostrada
7	10.5	62	91	1000T con plumín
8	6.75	43	97.75	1000T con plumín
9	6.75	43	104.5	1000T con plumín

Figura 30. Propuesta de longitudes de módulo y grúa a utilizar en su izado

Como se puede observar, los tipos de grúas propuestos son:

- Grúa de 500 t dotada de arriostramiento. (
- Grúa de 1000 t dotada de arriostramiento. (HA-100-SSL de la casa Demag)
- Grúa de 1000 t, dotada de arriostramiento y plumín (HA-100-WIHI VA SSL de la casa Demag)

Las siguientes hojas recogen esquemas de la configuración de grúa y sus tablas de carga:





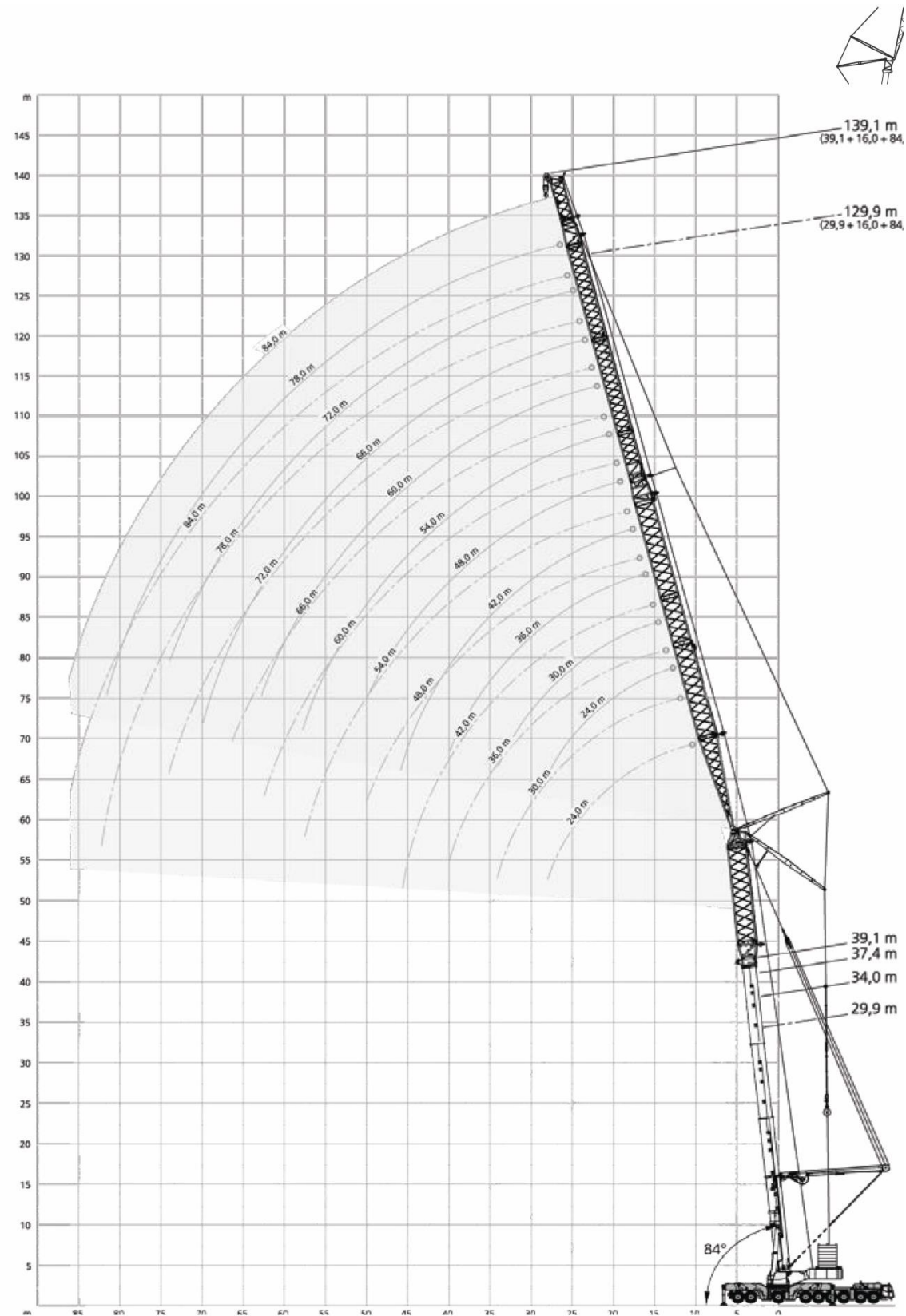


Figura 35. Configuración de grúa telescópica autopropulsada de 1000 t arriestrada y con plumín.

A este respecto, indicar que una vez se necesite configurar la grúa con el plumín se pierde la posibilidad de cruzar con agilidad por debajo del tablero para situarse en el otro fuste del pilono, ya que para esta operación se requiere el desmontaje del plumín. En cualquier caso, esta circunstancia sólo afecta a los 3 últimos módulos de la ampliación del pilono.

Finalmente indicar que como alternativa al uso de grúas telescópicas estaría el empleo de grúas de celosía. En este caso, sería suficiente utilizar una grúa de celosía de 600 ton de capacidad máxima de izado. Su principal ventaja es que permitiría una mayor capacidad de izado de carga, pudiendo levantar una carga de 110 ton a 122 m de altura.

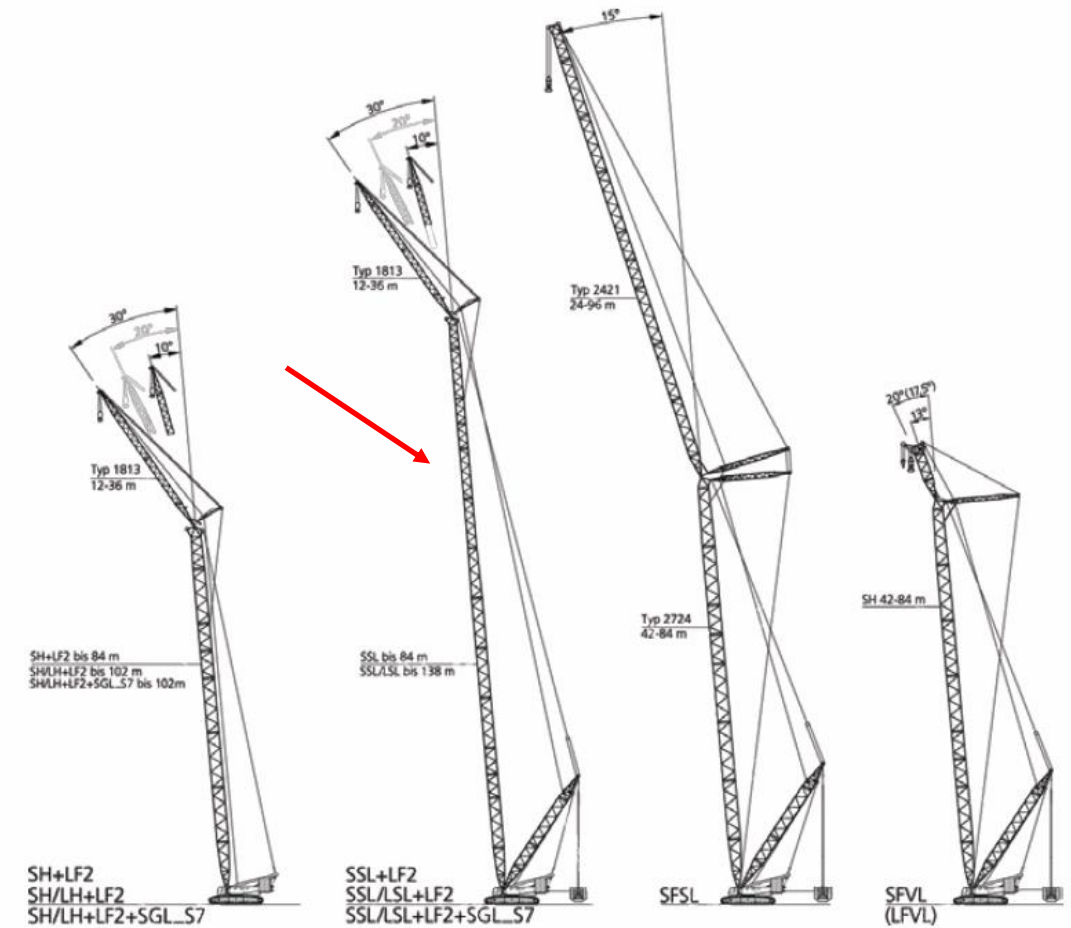


Figura 36. Configuración de grúa de celosía sobre cadenas.

Su principal inconveniente reside en que la ejecución simultánea de la ampliación de ambos fustes de un mismo pilono sólo se puede abordar con el uso de dos unidades de grúa desde el comienzo de esta fase de montaje.

#### Equipos de hormigonado

El hormigonado de la sección donde ésta es maciza se realizará mediante autobomba en casi la totalidad de la ampliación del pilono, en donde el relleno de hormigón es necesario. Los últimos metros de la sección a macizar de la ampliación del pilono se encuentran, sensiblemente, muy próximos a los límites de bombeo del hormigón que presentan las bombas comerciales de mayor alcance, por lo que muy probablemente los últimos metros de hormigonado se tengan que ejecutar con la ayuda de un cubilote izado mediante la grúa torre.



Figura 37. Hormigonado con autobomba



Figura 37. Hormigonado con cubilote para alturas grandes.

#### Plataformas de trabajo en los pilonos.

Para la ejecución de la obra se necesitan un conjunto de plataforma de trabajo en altura. Por un lado, se necesitará disponer plataformas de trabajo en coincidencia con las juntas de conexión entre los módulos del pilono, con objeto de poder realizar "in situ" la soldadura de conexión entre el módulo ejecutado en fase anterior y el módulo nuevo recién izado. Por otro lado, los módulos de la ampliación se sueldan al pilono existente mediante unos cordones verticales, continuos en toda la longitud del pilono.

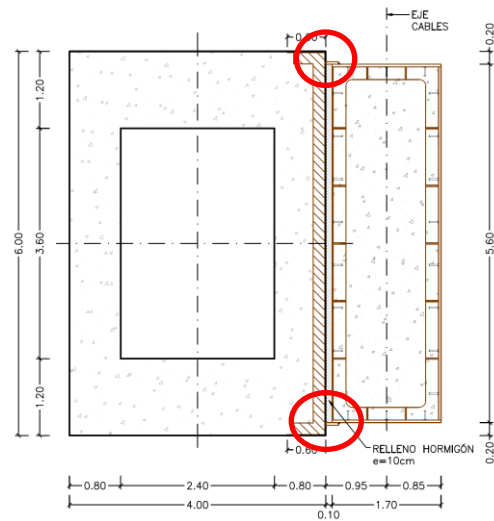


Figura 38. Localización de soldaduras de unión entre el pilono existente y la ampliación (continuas en toda la altura)

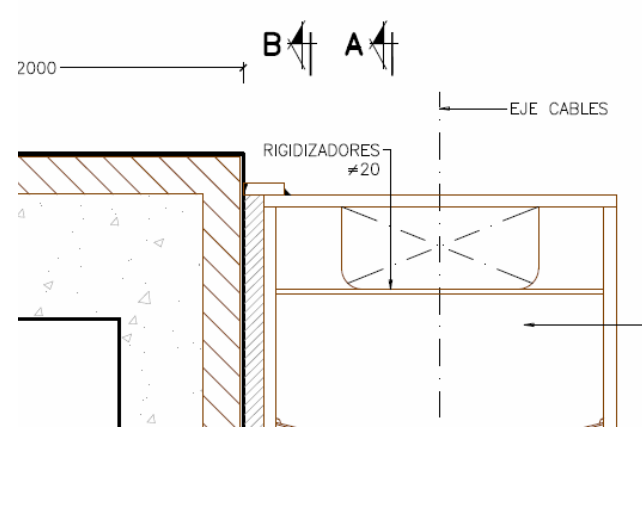


Figura 38. Detalle de la soldadura vertical continua entre pilono existente y ampliación.

Durante los trabajos de montaje de la ampliación de los fustes del pilono se prevé la instalación de tres plataformas elevadoras motorizadas independientes, todas ellas monomástil. Estas plataformas consisten en un mástil metálico sobre el que monta una plataforma horizontal que se va desplazando verticalmente sobre el mástil mediante un sistema de piñón y cremallera. Para garantizar la estabilidad del conjunto, el mástil estará dotado de arriostramientos horizontales, anclados en este caso al pilono existente.

Las plataformas situadas en la cara frontal y dorsal del fuste tienen por objeto proporcionar el acceso para la ejecución de las soldaduras verticales continuas. La plataforma situada en la cara lateral del fuste tiene por objeto dar acceso para soldar la junta horizontal entre módulos. Esta última irá arriostrada a la ampliación del pilono.

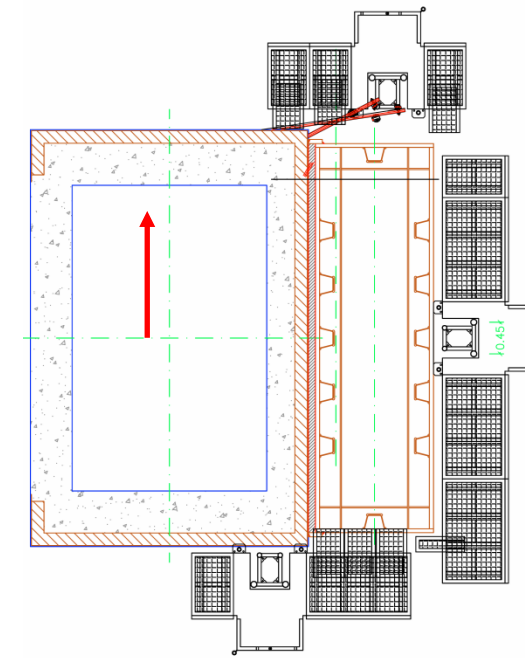


Figura 39. Plataformas elevadoras motorizadas en fuste de pilono.

Figura 39. Ejemplo de plataforma elevadora motorizada

En el caso de las plataformas de la cara frontal y dorsal, su ubicación no resulta simétrica debido a la necesidad de salvar el obstáculo que suponen los haces de tirantes, cuyos anclajes, en relación al pilono, difieren en posición de una cara a la otra.

Para el acceso a las zonas en donde se ejecutará la conexión de la ampliación lateral del pilono con los travesaños del pilono, se prevé un sistema de andamio colgado de los mismos dinteles del travesaño.



Figura 40. Andamio tipo colgado del travesaño. Izquierda: vista general. Derecha: detalle

Una vez terminada la ampliación lateral de los fustes se procederá al desmontaje de las 3 plataformas elevadoras, para a continuación, en la cara lateral exterior del pilono montar un elevador (ascensor de obra) que de acceso a las plataformas de trabajo que se dispondrán en los extremos superiores de los tirantes en el pilono, en la cara dorsal y frontal de éste, para poder llevar a cabo los trabajos de sustitución de tirantes.

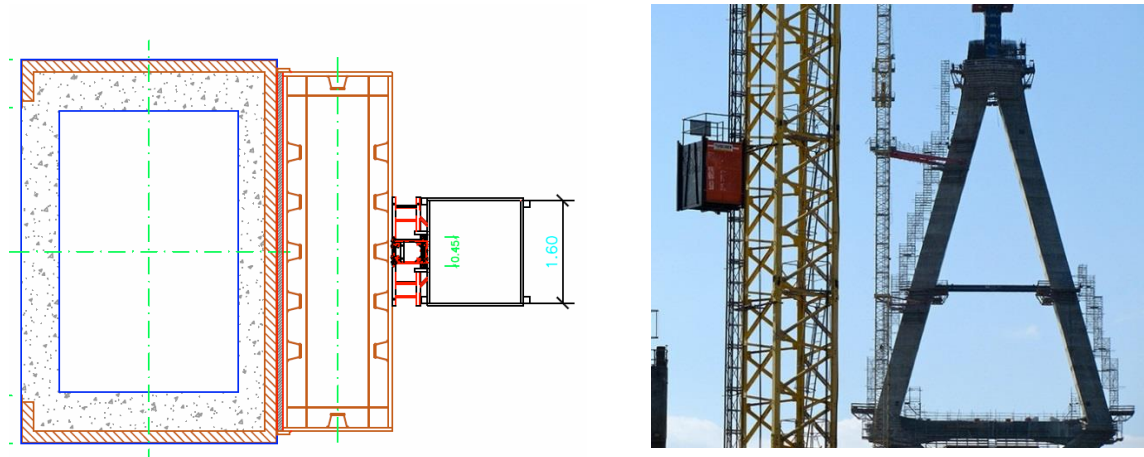


Figura 41. Ubicación propuesta del elevador (izquierda) y ejemplo real de aplicación en obra (derecha).

Estas plataformas, dispuestas en la cara dorsal y frontal del pilono, se resolverán mediante una estructura metálica fija colgadas del pilono a la cota que correspondan.



Figura 42. Detalle de distintas plataformas de trabajo colgadas/ancladas.

Como alternativa a las plataformas colgadas del pilono se encontraría la posibilidad de ejecutar un andamio que arrancase desde la cota de suelo, con niveles de plataforma cada 2 m conectados entre sí mediante escaleras que discurren por el propio andamio.



Figura 43. Vista general de pilono de Alcoy

Figura 43. Detalle de andamio para plataformas de acceso en altura

#### Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

En principio, el izado de los módulos metálicos que se sitúan a cotas superiores a la del tablero suponen un riesgo limitado para el tráfico de la SE-30 ante la baja probabilidad de accidente durante el izado, siempre y cuando se utilicen los medios adecuados y se tenga bien estudiada la maniobra de izado. La tendencia más probable de caída de la pieza es hacia el exterior de la plataforma, de forma que es muy poco probable que el tráfico de la SE-30 se viese afectado por la caída accidental de uno de los módulos. En cualquier caso, siempre se podrá adoptar medidas de seguridad adicionales para impedir una posible caída sobre la calzada de la SE-30.

En el caso de los edificios situados al margen izquierdo del tablero en las inmediaciones de la pila P-15, en principio, la separación lateral existente entre el pilono y las edificaciones, a pesar de ser un tanto estricta, debería ser suficiente para evitar que la caída del módulo impactase directamente contra la edificación, si bien podría ser alcanzada por fragmentos que se proyectasen tras el impacto inicial contra el suelo.

A su vez, en las proximidades de margen derecho de la pila 15 se encuentra el vial de acceso a la empresa Frigoríficos Guadalquivir, cuyo tráfico podría verse afectado por cualquier fallo durante el izado de las piezas del pilono.

Por todo ello, la seguridad de la operación de izado pasa por el correcto dimensionamiento de la capacidad de izado de los equipos de grúa (verificando el adecuado estado de conservación y funcionamientos de estos medios), el estudio minucioso de la maniobra de izado y el cumplimiento riguroso de los límites de carga en función del posicionamiento de la grúa, así como respetando las limitaciones de viento máximo establecido para el izado de estas cargas.

En cualquier caso, para minimizar cualquier riesgo a los usuarios de estos edificios y del camino existente, se podría plantear para la pila 15, el izado de las piezas metálicas de la ampliación del pilono en horario nocturno. Esta medida no aplicaría a la pila 14 en cuyo entorno no existe agentes externos a la obra que se pudiesen ver afectados por un fallo durante el izado.

En relación a los trabajos de ampliación de los pilonos, uno de los principales riesgos a los que se enfrenta el tráfico de la SE-30 es a la caída de objetos de pequeño tamaño, (del tipo de pequeñas herramientas o similar), que porten los operarios que estén trabajando en el pilono. Debido a la altura de los pilonos, la caída de cualquier pequeño objeto desde los pilonos supone un gran riesgo para la seguridad del tráfico de la SE-30. Razón por la cual se propone la adopción de medidas de protección.

Estas medidas de protección pueden ir desde la implantación de un pórtico metálico sobre la calzada de la SE-30, a la adopción de redes de retención ancladas (similares a las habitualmente empleadas en edificación) o incluso la colocación de viseras de protección, estos dos últimos sistemas anclados a los alzados de las pilas.



Figura 44. Pórtico de protección del tráfico rodado. Ampliación puente de Rande.



Figura 45. Red de protección y retención en obra de edificación.

Figura 45. Visera de protección en obra de edificación.

#### 5.2.4 Fase 2.4: instalación de grúas torre

Con objeto de disponer un medio de elevación permanente en la obra se prevé la instalación de una grúa torre en las inmediaciones de cada uno de los pilonos. Estas grúas no están orientadas al izado de grandes pesos, de forma que su principal función reside en dar apoyo a los trabajos de montaje del nuevo sistema de atirantamiento y desmontaje de los tirantes existentes.

Una de las singularidades de estas grúas será su importante altura, ya que su pluma debe disponerse por encima de la coronación del pilono, lo cual se traduce en que la altura de montaje será de unos 115-125 m de altura bajo gancho. En cuanto a la flecha, será difícil superar los 70 m de longitud. La capacidad de izado de estas grúas rondará las 20 ton de carga máxima, reduciéndose a medida que aumente el radio de trabajo.

Debido a la importante altura del fuste, muchos de los modelos disponibles en el mercado podrían requerir un arriostamiento que establezca el fuste frente a cargas horizontales. Esta estructura de arriostamiento podría suponer cierta limitación en la elección última del posicionamiento de la grúa, ya que a medida que la posición de la grúa se aleje del fuste del pilono, el tamaño de la estructura de arriostamiento será más potente, pudiendo encarecer la solución final a la par que significará un mayor plazo de montaje de la grúa.



Figura 46. Vista general de grúa torre en la ejecución del Viaducto del Tajo en Cáceres.



Figura 46. Detalle de estructura de arriostamiento del fuste de grúa torre.



Figura 47. Grúa torre arriestrada para la ampliación del puente de Rande.

En base a lo anterior, y en la medida que el resto de condicionantes lo permitan, lo idóneo será recurrir al uso grúas autoestables que no requieran de ninguna estructura de arriostamiento. Las consultas realizadas a las empresas suministradoras de este tipo de grúa, confirman que hasta una altura bajo gancho de 125 m se puede recurrir al empleo de grúas autoestables, sin necesidad de arriostamiento.



Figura 48. Grúa torre autoestable para la reparación del puente de Fernando Reig (Alcoy)

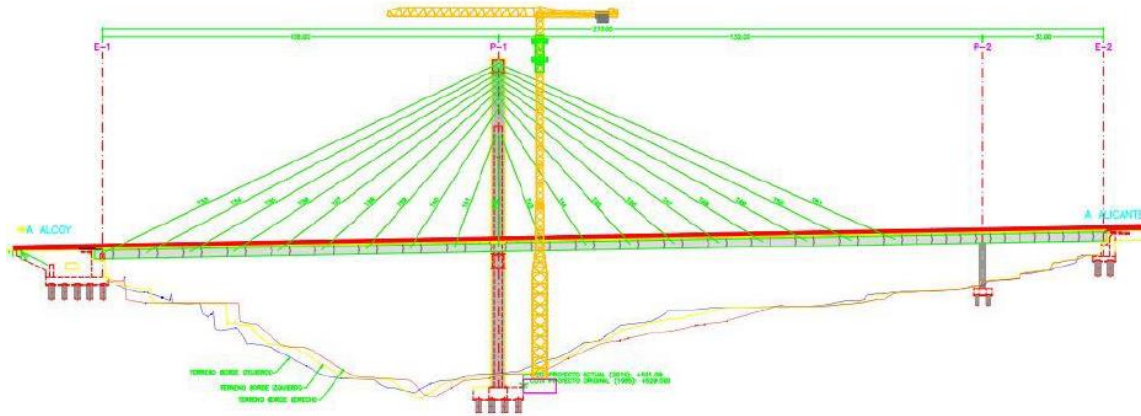


Figura 49. Grúa torre sin arriostamiento horizontal.

Otra de las singularidades a exigir a las grúas es que sean automontables, es decir, que la grúa se va montando así misma, gracias al uso de un módulo especial que permite el telescopaje de la grúa hasta alcanzar su altura definitiva. En este sistema la secuencia de instalación suele ser la siguiente:

- Ejecución de la cimentación de la grúa torre.  
Cada una de las grúas requerirá la ejecución de una zapata de cimentación, en donde se empotrará el arranque del fuste. En función de la geotecnia del emplazamiento se podrá recurrir a una cimentación directa, si bien muy probablemente en el caso que nos atañe se deba recurrir a un encepado micropilotado o pilotado.  
No obstante, un aspecto a estudiar durante la fase de proyecto es analizar, en caso de confirmarse la necesidad de ampliar las cimentaciones de los pilonos, si esta ampliación se puede dejar acondicionada para su aprovechamiento como cimiento de la propia grúa torre. Con ello, se reducirían plazos de ejecución y se abarataría el coste de instalación de la grúa.  
De resultar inviable aprovechar la ampliación de las cimentaciones de los pilonos, (bien porque no se acaben ampliando, bien porque complicase el diseño de éstos), se prevé la ejecución de un encepado micropilotado o pilotado para la cimentación de las grúas. Estos encepados tendrían unas dimensiones aproximadas en planta, que oscilarían entre los 6x6m y 10x10 m.

- Montaje de los primeros módulos estándar del fuste hasta una determinada altura, con la ayuda de una grúa telescópica auxiliar.
- Montaje del módulo especial que permite el telescopaje, con la ayuda de una grúa telescópica auxiliar.
- Montaje del módulo de coronación del fuste de la torre, con la ayuda de una grúa telescópica auxiliar.
- Ensamblaje de la contrapluma a cota de suelo y su posterior izado y colocación con la ayuda de una grúa auxiliar.
- Ensamblaje de la pluma a cota de suelo y su posterior izado y colocación con la ayuda de una grúa auxiliar.
- Telescopaje del fuste de la torre mediante el montaje de nuevos módulos del fuste, gracias al empleo del módulo especial. El izado de estos módulos se realiza ya con la propia grúa torre, sin necesitar el apoyo de una grúa auxiliar.



Figura 50. Grúa torre durante su proceso de auto-montaje. Izado y colocación de nuevos módulos del fuste.

#### Necesidades de ocupación

La situación ideal se corresponde con intentar aprovechar la nueva cimentación del pilono como cimentación de la grúa torre. Esta situación sólo se podrá estudiar una vez se conozca el suministrador final de la grúa, su geometría y las cargas que transmita la grúa a la cimentación. A efectos del presente documento, de forma conservadora, se considera que la cimentación de la grúa torre será una cimentación independiente a la nueva zapata ejecutada en los pilonos.

El emplazamiento de las grúas torres se realizará en las proximidades de los actuales pilonos. Su ubicación definitiva se deberá concretar en fase de obra por el Constructor en función de los procedimientos de construcción y medios necesarios, así como la posible afección con los servicios afectados. En fase de proyecto hemos estimado que la posición óptima de las grúas torres será en el lateral derecho de las cimentaciones de los pilonos y en las esquinas más próximas al canal de navegación.

En cualquier caso, las necesidades de ocupación requeridas por las grúas son relativamente reducidas (hablamos de zapatas de 10x10 m aproximadamente) y no supondrán ocupar terrenos adicionales a los inicialmente ya previstos para la ocupación por la obra.

En fase de montaje, las necesidades de espacio para el acopio en obra de los módulos que integran la grúa, así como para el ensamblaje a cota de suelo de pluma y contrapluma, se realizará, igualmente, dentro del área asignada por las instalaciones auxiliares de obra.

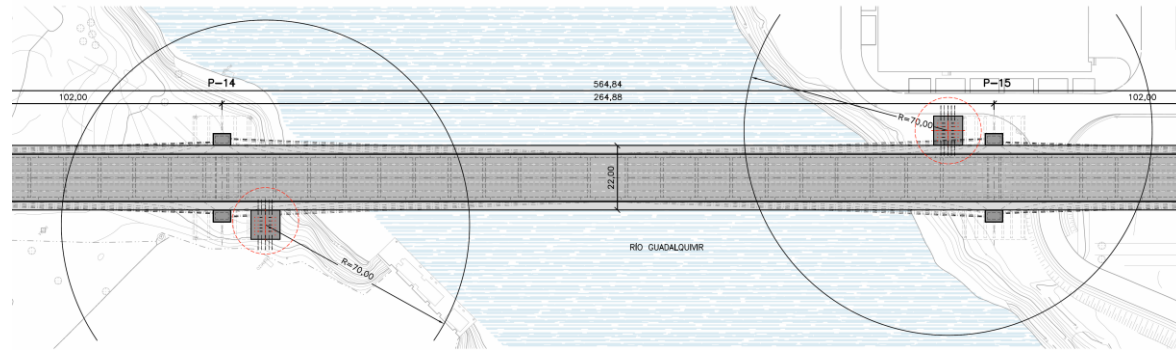


Figura 51. Grúa torre durante su proceso de auto-montaje. Izado y colocación de nuevos módulos del fuste.

### Medios auxiliares (análisis conceptual que deberá concretar el Constructor en fase de obra)

Para los trabajos de ejecución de la cimentación de las grúas torre se prevén los siguientes medios:

- Excavadora para preparación de la explanación de la cimentación.
- Maquinaria de ejecución de micropilotes (en función de conclusiones de estudio geotécnico).
- Equipos de hormigonado.
- Grúa autopropulsada de bajo tonelaje o camión pluma.



Figura 52. Maquinaria de micropilotes



Figura 52. Armado de encepado.

Para los trabajos de montaje de la grúa torre la única maquinaria requerida será la puesta a disposición de medios de izados auxiliares. Para el montaje de los primeros módulos del fuste, así como para el ensamblaje a cota de suelo de pluma y contrapluma, bastará una grúa autopropulsada de bajo tonelaje, de unas 80 ton o incluso una menor, ya que los pesos a mover rondarán las 10 ton. Sólo cuando se procede al izado de la pluma y contrapluma será necesario una grúa de mayor tonelaje.

### Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

En principio, los trabajos asociados a la ejecución de los encepados de las grúas no suponen ningún riesgo para el tráfico de la SE-30, ni para el tráfico de los viales internos del puerto.

En el caso de la pila 15, suponiendo que el ensamblaje de la pluma y contrapluma se ejecute en los terrenos destacados en la siguiente figura, no sería de esperar ningún riesgo especial, más allá de vigilar que durante el izado de las piezas no se golpee a las edificaciones existentes. Precaución que se tendrá siempre en cuenta a lo largo igualmente del ciclo de explotación de las grúas.



Figura 53. Zona propuesta de montaje de pluma y contrapluma

Respetando el emplazamiento final indicado de la grúa, un ensamblaje de pluma y contrapluma alternativo en un emplazamiento distinto al indicado (siempre dentro de los terrenos previstos de ocupación), conllevaría la necesidad de realizar operaciones intermedias de traslados de piezas hasta su izado y posicionamiento final, complicando con ello significativamente la operación de montaje.

Durante el automontaje de la grúa, mientras el fuste de la torre va ganando en altura, habrá situaciones transitorias en las que la grúa podría girar y golpear a la pila, tablero o a los cables del sistema de atirantamiento. Por esta razón, se cree conveniente implementar un sistema de bloqueo que coaccione el giro de la grúa en el rango de ángulo en los que habría riesgo de impacto.

Temporalmente, hasta que la pluma no supere en cota la coronación del pilono, no se podrá dejar la grúa libre en "veleta", aun cuando las condiciones de viento así lo requiriesen, circunstancia que deberá ser considerado en la fase de diseño de la grúa.

### 5.3 FASE 3. AMPLIACIÓN DE PILAS DE RETENIDA

Si bien la ejecución de la ampliación de las pilas de retenida se incluye como la fase 3, en realidad los trabajos de ampliación de las pilas de retenida se podrían realizar en simultaneidad con la fase 2, por poder ejecutarse de forma simultánea con la ampliación de las pilas principales.

La solución propuesta consistirá en la ampliación lateral de los fustes de la pila junto con la ejecución de una viga centradora en el arranque de pila, directamente apoyada sobre la coronación de la zapata existente.

La sección tipo de la ampliación lateral consiste en una sección hueca de hormigón armado en forma de "C", con espesores de tabla de 40 cm y dimensiones exteriores de 4,20 m (longitudinal, según el eje del tablero) y de 2,25 m (según el eje perpendicular).

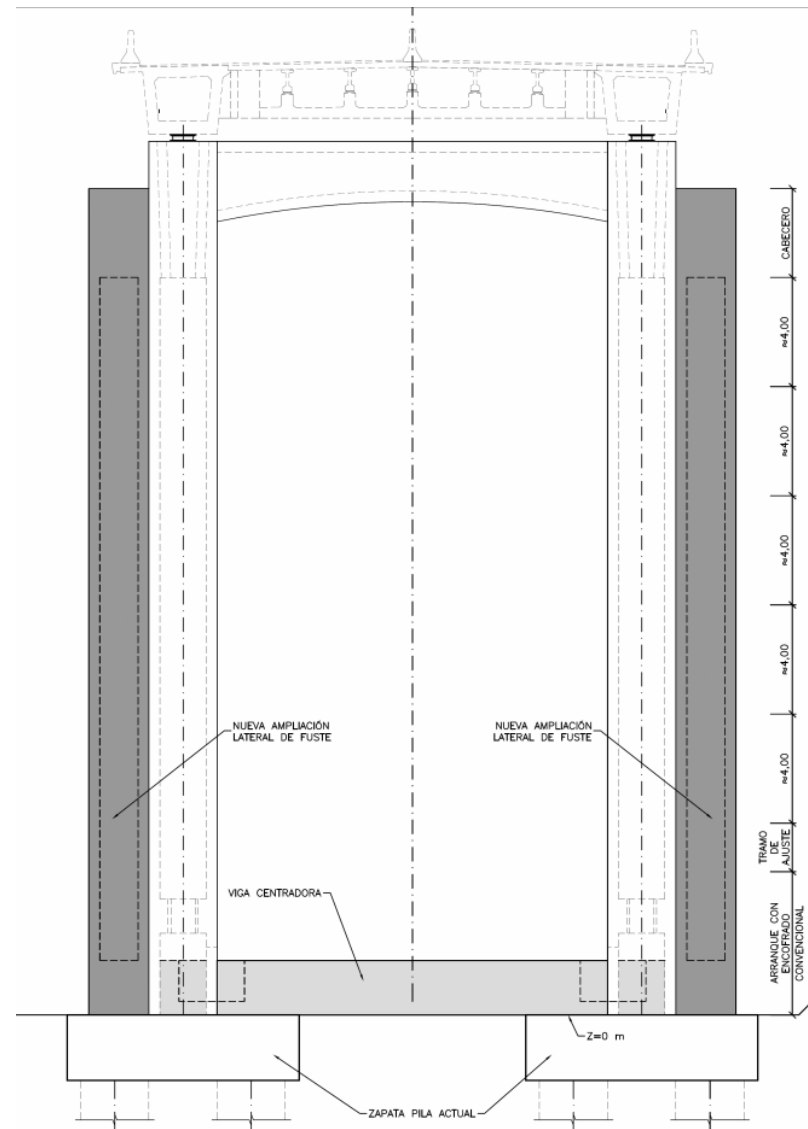


Figura 54. Alzado frontal de la ampliación de la cimentación y fustes de las pilas de retenida.

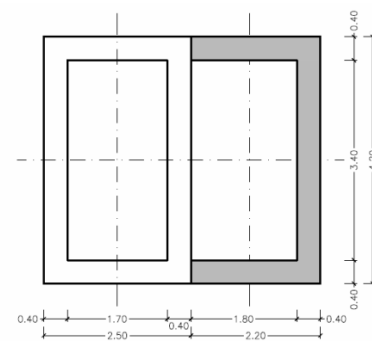


Figura 55. Sección transversal tipo de la ampliación del fuste de las pilas de retenida.

El hormigón nuevo de la ampliación se conectará al hormigón existente de la pila actual mediante taladros anclados con resina. Estos taladros se distribuirán de manera uniforme a lo largo de la trepa, de forma que será necesario disponer varios niveles de plataforma para garantizar el acceso en toda la

altura de la trepa. La ejecución de los alzados se resolverá mediante un sistema de encofrado trepante, utilizando una modulación de trepas de una altura entre 4-5m.

Las fases constructivas en que se divide la actuación en las pilas de retenida se corresponden con:

- Fase 1: Tratamiento de inyección del terreno de cimentación.

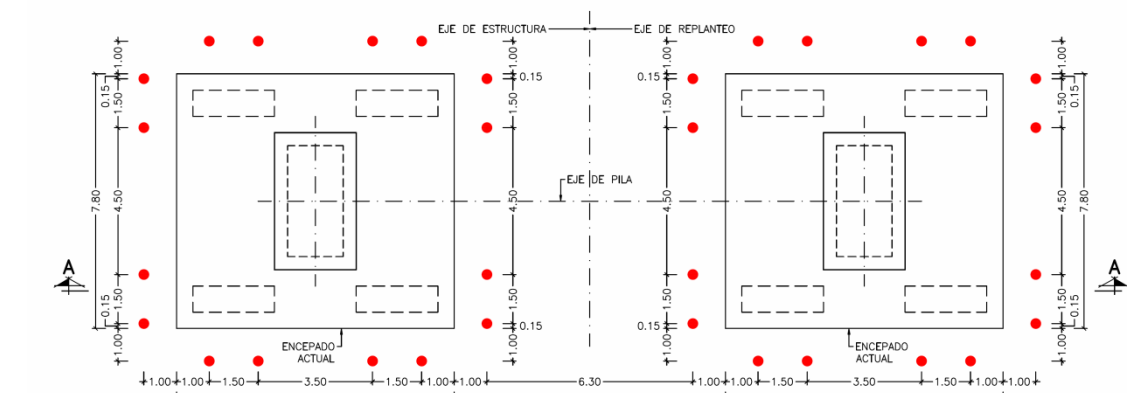
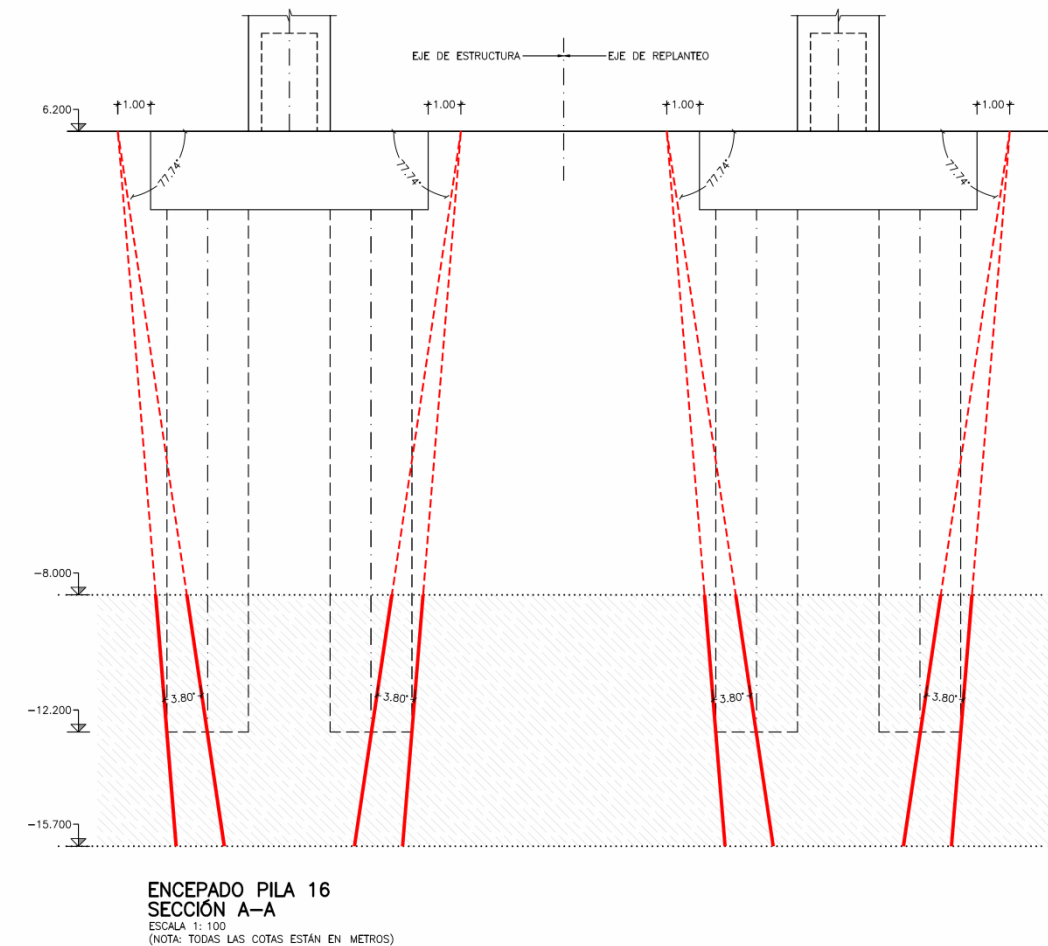
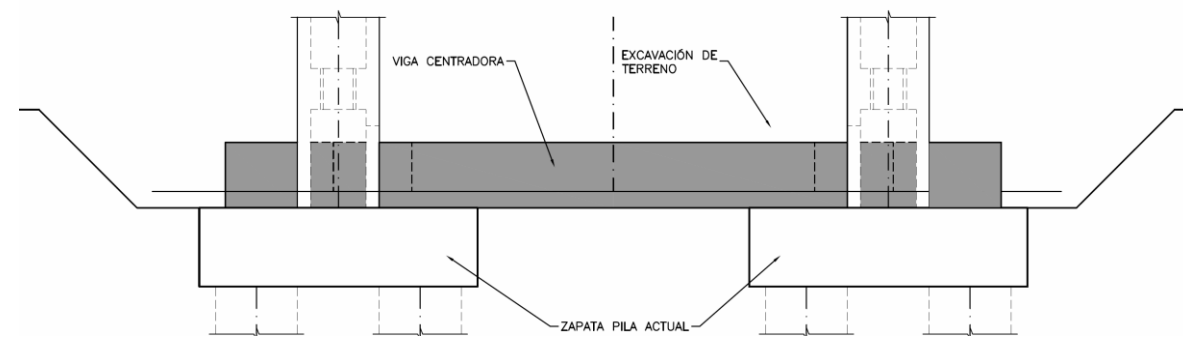


Figura 56. Croquis de detalle orientativo de campaña de inyección en pilas de retenida.

- Fase 2: Ejecución de viga centradora.



- Fase 3. Ejecución de ampliación lateral mediante sistema de trepas.
- Fase 4. Tope antilevantamiento.

#### Necesidades de ocupación

No se prevé la necesidad de ocupar ningún terreno adicional a los ya previstos como instalaciones provisionales de obra.

#### Medios auxiliares (análisis conceptual que deberá concretar el Constructor en fase de obra)

Los medios auxiliares previstos para esta operación serían:

- Grúa autopropulsada para el posicionamiento de encofrados y plataformas.
- Sistema de encofrado trepante.
- Equipos de hormigonado: autobomba.
- Escalera de zanca para el acceso en altura a la pila.
- Plataformas de trabajo en altura.

El sistema de trepa estará constituido por un encofrado interior, para materializar la sección hueca y un encofrado exterior. El sistema de encofrado se sustentará en la trepa previamente ejecutada, sin más que dejar embebido en la sección de hormigón, previamente al hormigonado, el sistema de anclaje al que se fijará el encofrado de la siguiente puesta.

Las plataformas de trabajo en altura se podrán materializar mediante el montaje de andamios, que irán creciendo en altura conforme lo hace la pila, o bien adoptando un sistema de plataformas de trabajo, con los 2-3 niveles requeridos, que se anclasen a la trepa ya hormigonada y que se fuesen trasladando en cada puesta.

Por último, para dar acceso a estas plataformas desde la cota de suelo se requerirá la implantación de una escalera de tipo zanca.



Figura 57. Detalle de plataforma de trabajo en altura anclada a la trepa anteriormente ejecutada y colocación de encofrado interior.



Figura 57.b. Detalle de encofrado exterior, incorporando en su diseño unas plataformas de trabajo de encofrado interior.

#### Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

Los trabajos de ampliación de las pilas de retenida no suponen ningún riesgo para el tráfico de la SE-30, tanto en cuanto la zona de trabajos se encuentra siempre por debajo de la cota de la plataforma.

La playa de vías de la terminal ferroviaria de contenedores se encuentra muy próxima a la sombra del tablero en el margen derecho de la pila 16. Habrá que estudiar en detalle el espacio útil disponible que se puede disponer como zona de trabajos sin generar afección alguna a las instalaciones ferroviarias, analizando si hay espacio disponible entre la ampliación de la pila y la playa de vías para el emplazamiento de los equipos de hormigonado, en particular la autobomba, así como de las grúas que izarán los encofrados de las trepas.

De resultar inviable el posicionamiento de estos equipos al pie del fuste de la ampliación, posicionados en paralelo al tablero, las operaciones de colocación de encofrados y hormigonado se deberían afrontar desde la calzada de la SE-30, lo cual supondría afecciones puntuales al tráfico que obligaría a la realización de estos trabajos en horario nocturno mediante el corte del carril lateral.

Por último, y una vez más debido a dicha cercanía, el personal que pudiese transitar por la playa de vías (no esperable en principio) podría estar expuesto a la caída de pequeños objetos desde las plataformas de trabajo elevadas de la pila, en cuyo caso se debería adoptar las medidas de protección oportunas.

#### 5.4 FASE 4. SUSTITUCIÓN DE TIRANTES Y ACONDICIONAMIENTO LATERAL DE PLATAFORMA.

La solución proyectada para posibilitar el cambio de tirantes consistirá, en esencia, en la disposición de unas vigas riostras transversales, metálicas, en cuyos extremos laterales se situarán los anclajes pasivos de los tirantes futuros, junto con la disposición, bajo tablero, de un entramado metálico con una configuración romboidal de perfiles.



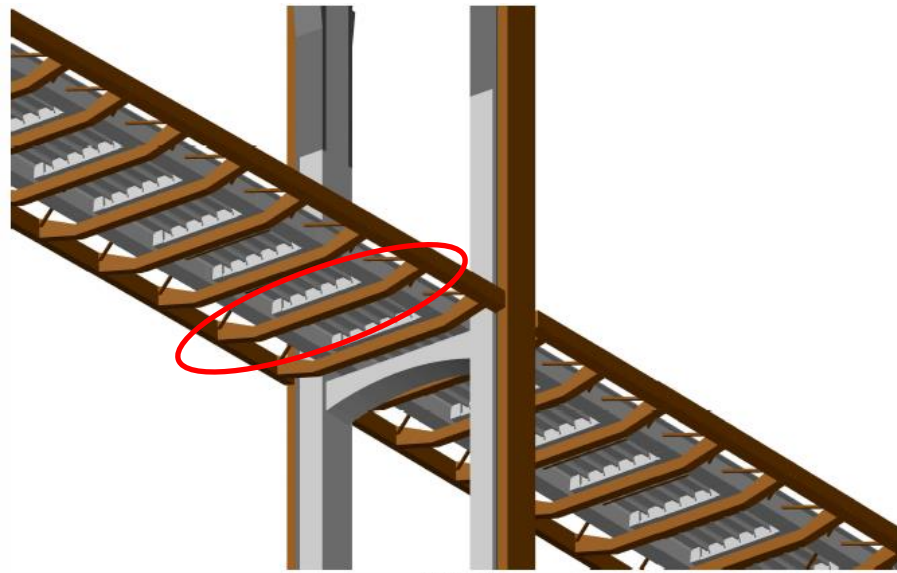


Figura 58. Infografía de la costilla metálica.

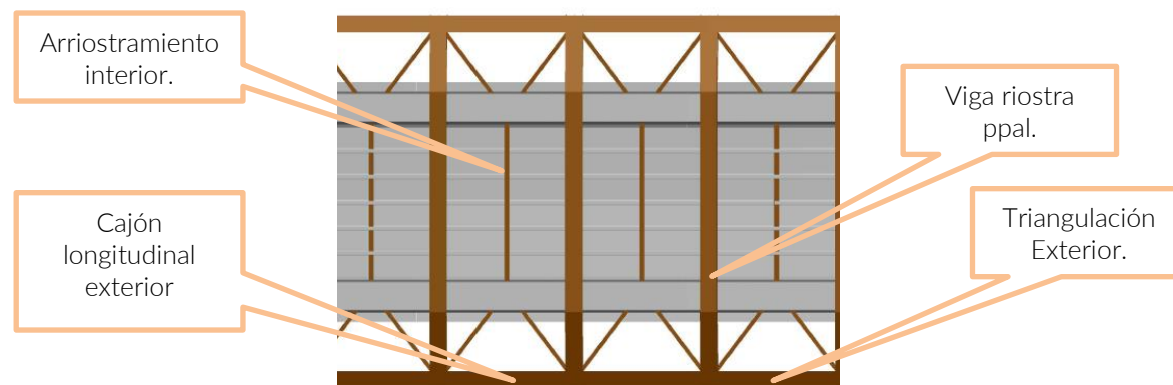


Figura 59. Entramado romboidal de puntales metálicos bajo tablero

De estas riostras nacen los elementos de triangulación exterior, formados por unos puntales metálicos de sección tubular hueca, encargados de inyectar en el tablero actual de hormigón la compresión inducida por la componente longitudinal del tiro de los tirantes.

En las secciones transversales del tablero actual coincidente con los nudos donde convergen los puntales inclinados de la triangulación exterior sobre la viga artesa lateral se hace necesaria la colocación de un puntal transversal para equilibrar las fuerzas de desvío local inducidas en esta sección.

Por último, indicar la disposición lateral, entre vigas riostras principales, de una viga longitudinal en cajón hueca, carente de función estructural en el mecanismo resistente global del tablero, cuya única función será permitir la dotación de una plataforma lateral, a modo de paseo, para posibilitar futuros trabajos de mantenimiento y conservación.

La fase 4 de sustitución de tirantes y acondicionamiento lateral de la plataforma se subdivide en dos fases:

- Fase 4.1: Trabajos preparatorios previos, tales como demolición de aceras, montaje de carro y elementos de izado, Actuaciones de durabilidad en el tablero existente y macizados de dovela.
- Fase 4.2.: Montaje de riostras y preinstalación de tirantes definitivos.
  - Fase 4.3.: Sustitución de tirantes y acondicionamiento del lateral de la plataforma.

De esta forma, en una primera fase se procederá a la colocación de todas las vigas riostras en toda la longitud de tablero junto con la preinstalación de su tirante definitivo, para en segunda fase, proceder a transferir la carga de los tirantes existentes a los tirantes definitivos y acometer el desmontaje de los tirantes existentes.

#### 5.4.1 Fase 4.1 y 4.2: Montaje de estructura metálica de tablero y pre-instalación de tirante definitivo

La descripción de la presente fase se concentra en el procedimiento de izado y colocación de la estructura metálica a disponer en el tablero para permitir la sustitución de tirantes y dejar acondicionado al puente de cara a una futura ampliación.

El procedimiento de izado de la estructura metálica del tablero viene condicionado por la prescripción de que el cuelgue de estos elementos del tablero no puede suponer un incremento en la carga axil de los tirantes existentes.

Para el cumplimiento de esta prescripción se prevé la colocación de un tirante provisional. Este tirante se anclará en su extremo superior en la parte ampliada del pilono metálico y en su extremo inferior se anclará en el tablero en la zona de la acera. El anclaje activo, desde el que se efectuará el tesado del tirante, se encontrará en el extremo del tirante situado en el pilono, mientras que el anclaje pasivo se situará en el tablero.

Como no puede ser de otra manera, para no introducir desequilibrios en el pilono, la colocación del tirante provisional debe realizarse conjuntamente tanto en el vano de retenida, como en el vano principal.

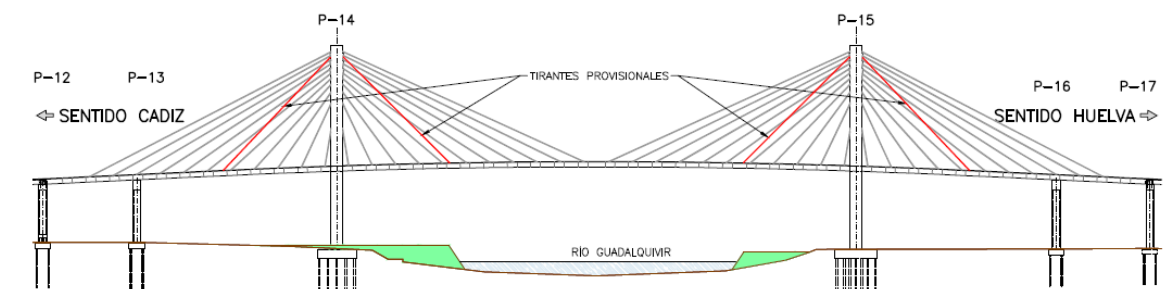


Figura 60. Disposición de tirante provisional (destacado en color rojo).

En el pilono, en la zona del anclaje activo del tirante se soldará una basa dotada de unas orejetas que permite la conexión de la ésta a una especie de cajón metálico en el que se coloca el gato de tesado del tirante. En el extremo del tirante situado en el tablero se dispondrá otro marco metálico en donde se colocará la placa de anclaje pasivo del tirante. Este marco se conecta a otra basa, conectada a su vez al tablero con barras pretensadas coincidentes con los macizados de dovela.

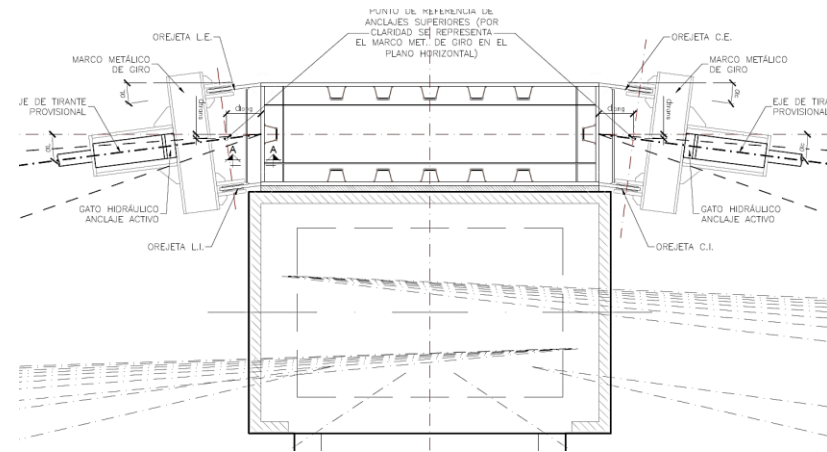


Figura 61. Croquis de detalle de anclaje superior de tirante provisional.



Figura 62. Ejemplo de sistema de atirantamiento provisional.

Gracias al tesado del tirante provisional se producirá una descarga parcial en los tirantes existentes situados en la proximidad del tirante provisional. Esta descarga parcial permite colocar la estructura metálica del tablero (riostros+ triangulación exterior+ arriostamiento interior) en el ámbito de los tirantes existentes que se han descargado bajo la influencia del tirante provisional.

Tras la instalación y tesado del tirante provisional, se procederá al izado de la estructura metálica del tablero. Este izado se realizará mediante dovelas en forma de "H", en donde cada dovela queda configurada por la viga riostra principal y por dos tramos de 12 m (6m a cada lado de la riostra) de los cajones longitudinales (se recuerda que esta operación se realiza sin incrementar la carga en los tirantes actuales gracias a la instalación del tirante provisional).

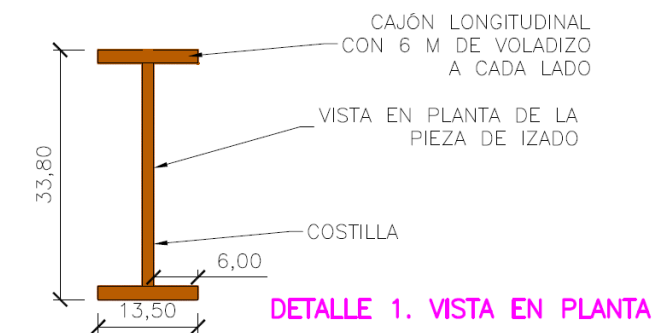


Figura 63. Dovela tipo a izar.

El izado de la dovela se realizará recurriendo a un sistema de "Heavy Lift", como se detallará en el apartado de medios auxiliares. Previamente al montaje de la dovela en H se habría montado en el tablero los montantes transversales interiores entre vigas longitudinales actuales y las cartelas de conexión. A continuación, se iza la dovela hasta su posición definitiva sobre el tablero y se procede al bloqueo mecánico de los cables de izado del "heavy lift". Después, se colocan en su posición los perfiles de la triangulación exterior asociado a dicha dovela, ejecutándose sus correspondientes uniones al tablero conforme a los detalles indicados en los planos de la actuación. Se plantea la posibilidad de izar la dovela en H con las diagonales montadas y abatidas para facilitar el montaje final.

Por último, se procede a la preinstalación del tirante definitivo anclado a los extremos de la costilla de la dovela. Se colocarán las vainas y se enfilarán los cordones del acero, a los cuales se les dará una mínima tensión de instalación de unas 2-3 ton/cordón.

Terminada la operación de tesado preliminar de los tirantes definitivos de la dovela, se procede a repetir la operación de izado de la siguiente dovela. Así sucesivamente hasta que, conforme a las fases establecidas en proceso constructivo, se haga necesario destesar el tirante provisional y cambiar su ubicación a la nueva posición de la siguiente fase del proceso constructivo.

En cuanto al montaje de los perfiles de la triangulación exterior y del puntal interior, estos elementos se caracterizan por ser de poco peso, facilitando su manipulación y montaje. Se estima que los montantes transversales y las cartelas de conexión se colocan desde la plataforma auxiliar móvil con medios auxiliares sencillos (polipastos, gatos, etc.). Respecto la triangulación (diagonales) exteriores se plantea su montaje conjunto con la dovela en H, premontadas y en posición abatida, para llevarlas a su posición definitiva una vez colocada la dovela en H de las riostras.

En cualquier caso, se deja constancia que, debido a la pequeña magnitud de los pesos de estos perfiles, existirán múltiples sistemas y alternativas de colocación que garanticen la colocación de estos perfiles en posición, sin afectar el tráfico de la SE-30, a excepción, según lo ya expuesto, de la operación de descarga del perfil de la celosía exterior. Operación de muy corta duración, y que llegado el caso se plantearía siempre en horario nocturno, con corte puntual del carril exterior.

De cara a los distintos trabajos de soldadura en la estructura metálica, existen múltiples sistemas de medios auxiliares con los que se podrán abordar estos trabajos, como puedan ser pequeños carros de soldadura.



Figura 64. Carros de soldadura empleados en la construcción del Viaducto del Ulla para Adif Alta Velocidad.

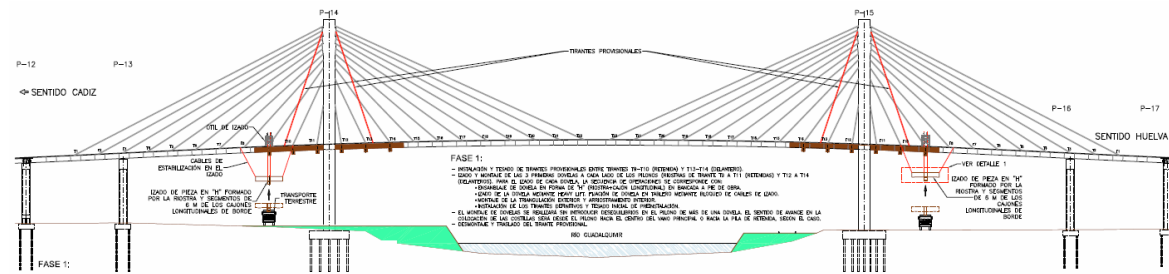
No obstante, a todo lo anterior, estos temas relativos a la colocación de los perfiles de las celosías interiores y exteriores, así como a los trabajos de soldadura entre elementos metálicos, se estudiarán y resolverán en la fase posterior de proyecto.

En otro orden de asuntos, otra prescripción a cumplir en la secuencia de izado de la estructura metálica es no generar desequilibrios importantes en el pilono, de forma que el izado de las dovelas se

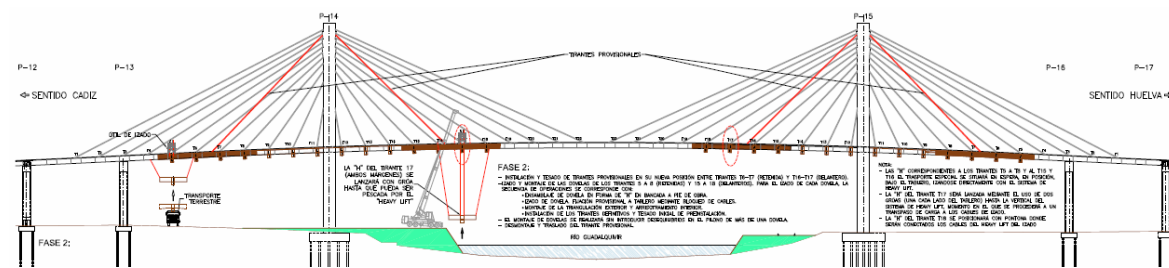
realizará siempre de forma simétrica respecto del pilono, o a lo sumo, con un desfase máximo de una dodela.

De esta forma, el proceso constructivo de izado de la estructura metálica del tablero consta de 3 fases:

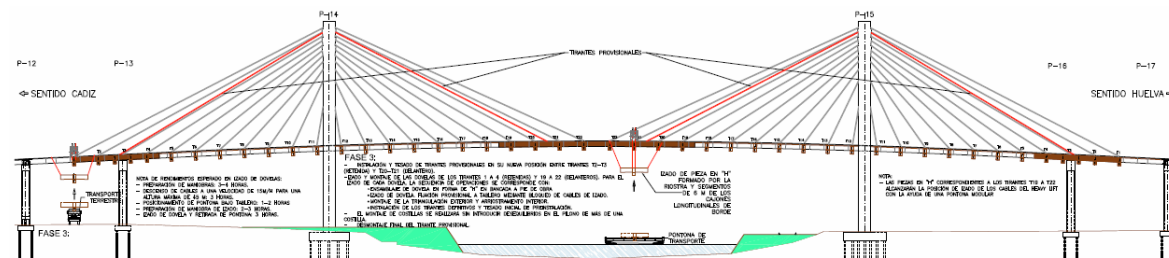
- Fase 1: Colocación de tirante provisional en posición 1, situada en una sección de tablero intermedia entre los tirantes existentes T9 y T10 (retenida) y entre T13 y T14 (vano principal), e izado de las dodelas de los tirantes T9 a T11 (vano retenida) y T12 a T14 (vano principal).



- Fase 2: Colocación de tirante provisional en posición 2, situada en una sección de tablero intermedia entre los tirantes existentes T6 y T7 (retenida) y entre T16 y T17 (vano principal) e izado de las dodelas de los tirantes T5 a T8 (vano retenida) y T15 a T18 (vano principal).



- Fase 3: Colocación de tirante provisional en posición 3, situada en una sección de tablero intermedia entre los tirantes existentes T2 y T3 (retenida) y entre T20 y T21 e izado de las dodelas de los tirantes T1 a T4 (vano retenida) y T19 a T22 (vano principal)..



### Necesidades de ocupación

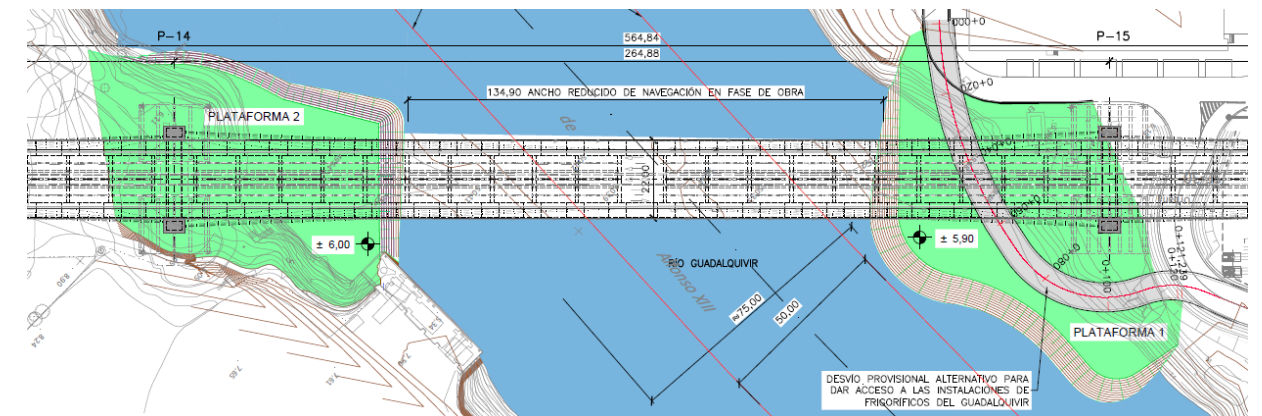
Para la instalación del cable provisional de atirantamiento, el izado de las vigas riostras junto con los demás elementos metálicos del entramado y la preinstalación del tirante definitivo no se prevé ninguna afección al tráfico de la SE-30, de forma que la realización de estos trabajos será perfectamente compatible con mantener abiertos al tráfico los 5 carriles existentes.

Para facilitar la entrada de material de obra en plataforma y para maniobras de montaje con camión grúa también desde plataforma, se estima la necesidad de realizar cortes nocturnos de los carriles exteriores en función de las necesidades de la obra. Estos cortes se retiran por la mañana para asegurar el tráfico de los 5 carriles en las horas de máxima intensidad de circulación.

La principal necesidad de ocupación se localiza, no en tierra, sino en el propio canal de navegación que da acceso al puerto, en cuyos márgenes, según lo ya comentado, se hace necesario ejecutar unas penínsulas provisionales de escollera.

Las pontonas para el izado de las vigas riostras requieren, para su uso y operativa, un calado mínimo de agua. Las primeras riostras a colocar sobre la lámina de agua del canal, éste no tiene el calado requerido por estas embarcaciones, de forma que les resulte imposible a las pontonas acceder a la posición de izado de estas primeras riostras. Esta es la razón principal que justifica la península en el margen este del canal, mientras que el margen oeste, a esta razón hay que sumar la necesidad de ejecutar, aprovechando la superficie de la península, un camino de acceso provisional a las instalaciones de Frigoríficos del Guadalquivir.

En cualquier caso, resulta fundamental reseñar que con las penínsulas de escollera proyectadas en sendos márgenes del canal, la anchura útil del canal será de unos 75 m, respetando los 60 m centrales del canal de mayor calado.



### Medios auxiliares necesarios

Los medios auxiliares necesarios para la realización de esta operación serían:

- Medios especiales de izado.
- Plataforma de trabajo colgada bajo el tablero del puente, a modo de carro de avance.
- Ejecución de pequeñas penínsulas de tierra/escollera en el canal de navegación junto a los pilonos.
- Plataformas auxiliares de acceso para la ejecución de las uniones soldadas entre piezas metálicas de las riostras.
- Camión grúa para la descarga de material en plataforma y para operaciones de acceso y montaje de poca entidad en las riostras metálicas desde la plataforma.

### Medios auxiliares (análisis conceptual que deberá concretar el Constructor en fase de obra):

Se plantea a continuación una descripción conceptual de los medios auxiliares de izado previstos para el montaje de la estructura metálica. Necesariamente estos medios auxiliares especiales deberán definirse en fase de obra por el Constructor, en base a sus necesidades constructivas y en coordinación con el Taller Metálico.

La problemática principal del izado de las vigas riostra se sitúa en el tramo principal atirantado de unos 265 m de luz que cruza sobre el canal de navegación de acceso a las instalaciones portuarias, ya que los vanos sobre tierra se podrán siempre resolver mediante grúas convencionales, autopropulsadas o de celosía.

Tras analizar diferentes alternativas de izado de las costillas sobre el canal de navegación planteamos como la solución más óptima el montaje en altura de las piezas mediante pontona y cables de "heavy lift" colocados en una estructura auxiliar posicionada en el tablero del puente.

Este sistema consiste en la utilización de un sistema de cables accionados mediante un sistema de gatos hidráulicos que posibilitan el descenso y ascenso de los cables.



Figura 65. Ejemplos de gatos de cable de izado

Este sistema se instalará sobre una estructura metálica, en adelante, "útil de izado", dispuesta en la acera, entre la barrera de hormigón existente y el borde del tablero actual. Los elementos portantes principales de dicha estructura estarán formados por una especie de dos pórticos, con una separación entre ejes de 3,50m, y debidamente arriostrados entre sí. Para el izado de la dovela se necesitan dos útiles de izado, uno en cada lateral del tablero.

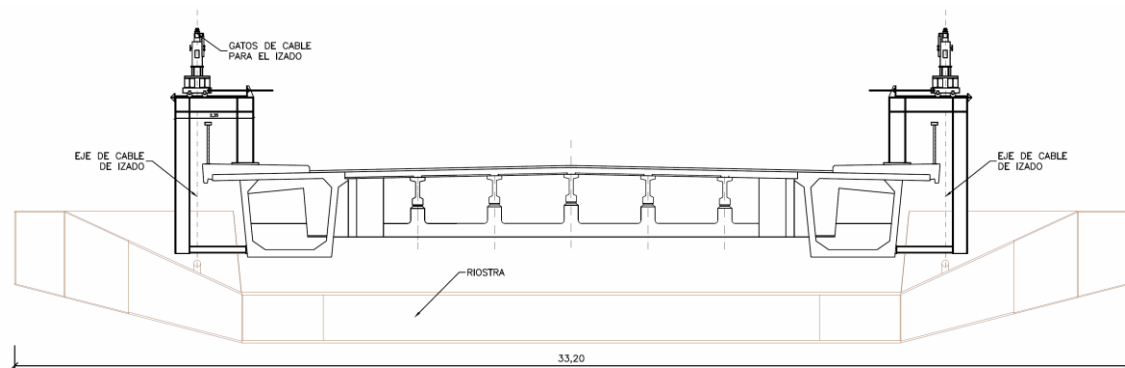


Figura 66. Vista general de los útiles de izado

Sobre los dinteles del útil se disponen dos gatos de izado de 60 ton, apoyados sobre un carrito que permite ciertos desplazamientos para el ajuste final de la dovela en su posición definitiva.

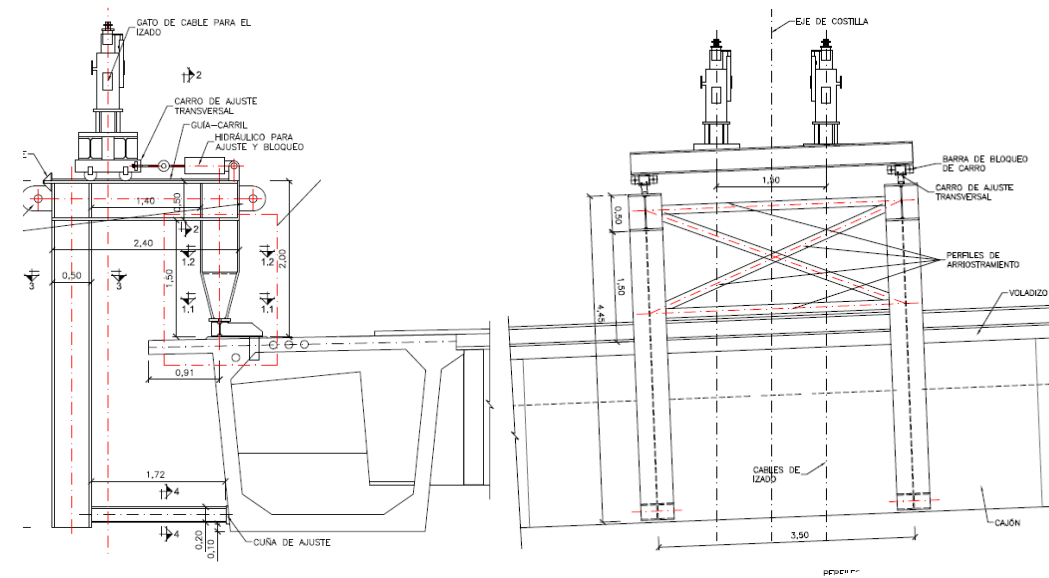


Figura 67. Detalle de útil de izado. Vista lateral (izq) y vista frontal (dcha)

Sobre los dinteles del útil se disponen dos gatos de izado de 60 ton, apoyados sobre un carrito que permite ciertos desplazamientos para el ajuste final de la dovela en su posición definitiva.

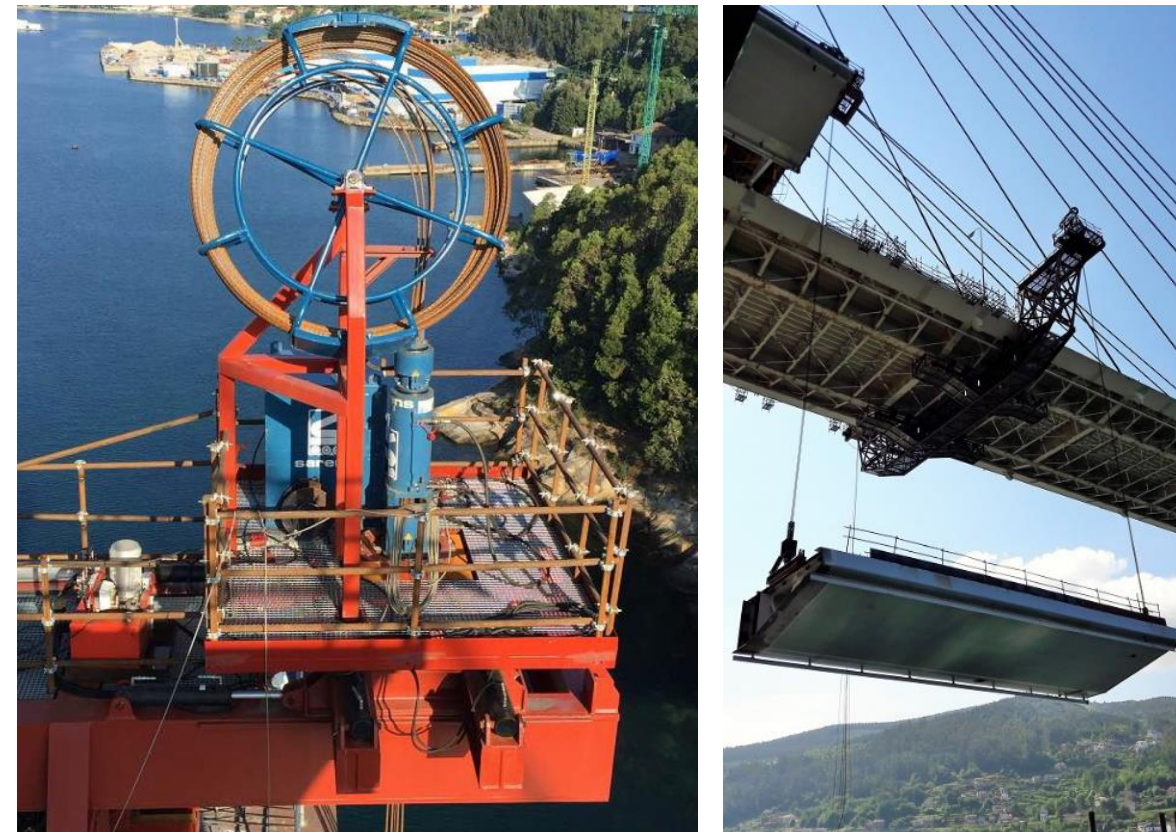


Figura 68. Sistema de izado mediante cables de "Heavy Lift"

Para la colocación de las dovelas, cuya proyección vertical se encuentra sobre tierra (incluida la zona de las penínsulas provisionales) se posicionará la dovela bajo el útil de izado con la ayuda de un transporte terrestre especial. A continuación, se conectan los cables de izado y comienza el ascenso

de la dovela. Alcanzada la posición definitiva, se procede al bloqueo mecánicos de los cables (gracias a un doble sistema de cuñas de enclavamiento) y se procede a la pre- instalación del tirante definitivo.

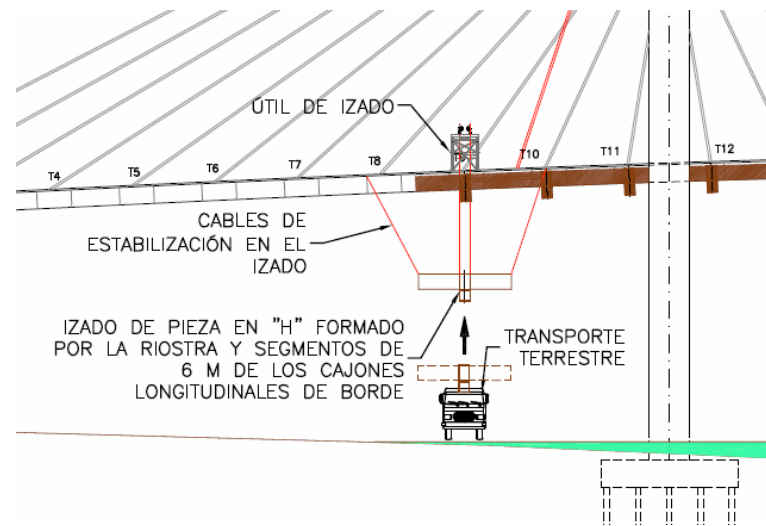


Figura 69. Izado de dovelas en zona de tierra.

Para la colocación de las dovelas situadas sobre el canal de navegación se recurrirá al uso de pontonas modulares. Estas pontonas cargarán la dovela desde un muelle existente en la zona de instalaciones de obra y transportarán la viga por el canal de navegación hasta situarse en posición bajo la sección de izado.



Figura 70. Pontona modular para transporte de la dovela.

De esta forma, la cinemática prevista para el montaje de las dovelas del tablero situadas sobre la lámina de agua del canal, en líneas generales, consistiría en las siguientes operaciones:

- Preparación de maniobra: carga de riostras sobre pontona amarrada en el muelle existente en la margen este.
- Descenso de cables de izado. Estos elementos se han de tener enrollados junto con los elementos hidráulicos en el tablero para evitar posibles interferencias con el propio tráfico marítimo.
- Posicionamiento de pontona con la riostra cargada bajo la vertical del tirante correspondiente al izado.
- Amarre y ajuste de elementos de izado.
- Izado de la pieza hasta su posición definitiva y/o de bloqueo provisional.

Los tiempos y afecciones estimados de estas operaciones, aproximadamente serían:

Operación	Afecciones/interferencias	Duración estimada
Preparación de maniobra	Sin afecciones al tráfico marítimo	3-4 horas
Descenso de cables. Altura máxima ≈45 m. Velocidad media 15 m/hora	Restricción de gálibo en la vertical de la operación	3 horas
Posicionamiento de pontona	Ocupación parcial del canal. Completa para grandes embarcaciones en zona cetral	1-2 horas
Preparación de maniobra de izado	Ídem	2-3 horas
Izado de viga riostra (15m /h) y retirada de pontona	Ídem	3 horas

Conforme a la estimación de tiempos anterior, en donde se han resaltado las operaciones críticas, al poderse realizar el resto sin afecciones a la navegación o de forma solapada con el resto de actividades, **el tiempo total de afección completa, a medias/grandes embarcaciones, sería del orden de 9 horas por cada costilla.** A este respecto indicar que, siempre que fuera posible y, evidentemente, de forma coordinada con el control de tráfico portuario, resultaría recomendable comenzar la operación de descenso de cables lo antes posible, dejando los cables suspendidos a cierta altura, con el resguardo correspondiente de seguridad en función de las alturas de las diferentes embarcaciones de paso previstas, de forma que se pudiera optimizar el tiempo previsto de la fase inicial de descenso de cables.

Existe un caso particular, correspondiente al izado de la dovela 17 en ambos márgenes del canal de navegación. La proyección del emplazamiento de esta dovela sobre la vertical se sitúa en las inmediaciones del talud de tierras de la península provisional, de forma que el camión de transporte no puede situarse en la posición exigida por el emplazamiento de los cables. A su vez, este talud de tierras impide el uso de la pontona, ya que la carga de la dovela sobre la pontona estaría en una posición demasiado excéntrica para garantizar la adecuada estabilidad de la pontona.

En este caso, la colocación de la dovela 17 se conseguirá con la ayuda de dos grúas, (una a cada lado del tablero) que lanzarán la dovela hasta situarla en la vertical donde se encuentran en espera los cables del heavy lift. A continuación, unos operarios subidos a unas plataformas tipo cesta procederán a la conexión a la dovela de los cables de izado y a soltar las eslingas de las grúas autopropulsadas. Hecha esta transferencia de carga, se procede al izado convencional de la dovela mediante el heavy lift.

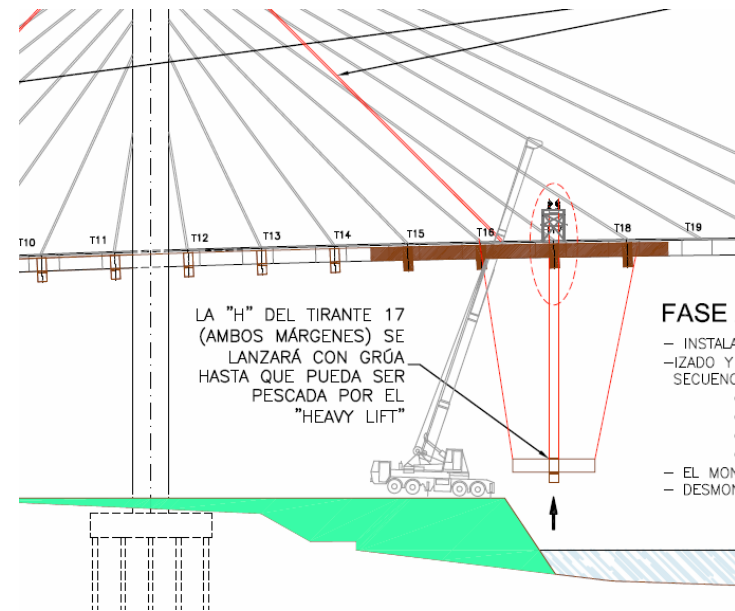


Figura 71. Croquis del lanzamiento de dovela 17.

La bobina de los nuevos cables se colocaría justo encima de la viga metálica longitudinal, o bien sobre un trámex provisional sobre las vigas longitudinales. El acceso a los puntos de trabajos se realizaría mediante plataformas auxiliares colocadas en las propias riostras. Las vainas se acopiarían en la zona de la acera del puente existente y se montarían con las grúas torre. Según se avance en el izado de dovelas se va habilitando hacia el pilono una plataforma de trabajo con espacio para las bobinas y los nuevos tirantes.

#### Plataforma de trabajo colgada bajo el tablero del puente.

Los trabajos de conexión de las vigas metálicas de las riostras al tablero existente, requieren la dotación de unas plataformas de trabajo bajo el tablero. Estas plataformas se sustentan del tablero actual y están diseñadas para permitir el desplazamiento de este medio auxiliar a lo largo del tablero, para ir de la posición de instalación de una viga riostra a la siguiente.

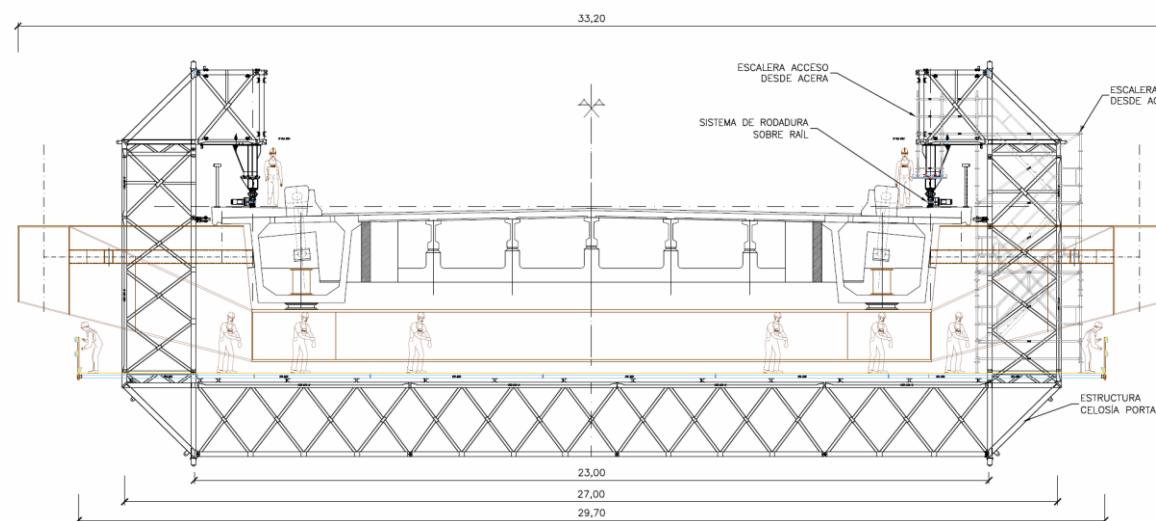


Figura 72. Vista frontal del carro de la plataforma de trabajo bajo tablero.



Figura 73. Plataforma móvil de trabajo bajo tablero.

Este carro se apoya en la zona de acera, sin suponer ninguna afección al tráfico de la SE-30



Figura 74. Sistema de guía en la zona de acera para desplazamiento del carro.

En fases posteriores de proyecto se procederá al estudio detallado de la cinemática específica de los carros de trabajos propuestos.

#### Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

Los principales riesgos asociados a esta fase de ejecución están relacionados con el manejo de grandes cargas en altura, que supone el izado y colocación de las vigas metálicas de las riostras en su posición colgada bajo el tablero.

Los riesgos específicos de esta operación podrán variar en función del sistema y los medios de izado finalmente implementados en la obra. No obstante, con carácter general, se puede establecer que las principales afecciones en materia de seguridad se generan sobre el tráfico marítimo del canal de navegación que da acceso al puerto. El uso de medios acuáticos para el izado de las vigas supondrá una ocupación temporal del canal de navegación, reduciéndose el ancho útil de paso de embarcaciones, que podría dificultar las operaciones del tránsito portuario. No obstante, la operación de izado y fijación temporal de las vigas mediante unas barras de cuelgue, se prevé de corta duración, no más allá de 3-4 horas, de forma que siempre se podrá buscar una ventana de trabajo en la que no se tenga programado el paso de buques de envergadura.

Igualmente, una vez colgadas la viga del tablero mediante unas barras de cuelgue, se considera que la viga está afianzada y no hay riesgo de desprendimiento. En cualquier caso, si las autoridades portuarias y/o de seguridad lo estiman oportuno, siempre se podría limitar el paso de tráfico marítimo en una franja de seguridad bajo la vertical de la viga suspendida.

Otro factor de riesgo sobre el canal de navegación se podría establecer asociado al movimiento de avance del medio auxiliar que se diseñe como plataforma de trabajo en altura, bajo el tablero, para la conexión definitiva de la costilla al tablero. Para garantizar la seguridad del tráfico portuario, la primera medida podría consistir en impedir el paso de embarcaciones bajo la vertical de la plataforma en su movimiento de avance, o bien, realizar esta operación de forma coordinada con la autoridad portuaria aprovechando la ventana de trabajo que ésta dictamine, en la que no se prevea el paso de embarcaciones.

A su vez, indicar que la plataforma de trabajo en altura estará dotada de cuantas medidas de seguridad sean oportunas (lonas, redes de protección, rodapiés, etc) para impedir la caída de herramientas y pequeños objetos en general al canal que pudiesen alcanzar al tráfico portuario.

De forma análoga a los riesgos inducidos en el canal de navegación, asociados al izado y fijación de las costillas metálicas, el ramal viario que da acceso a las instalaciones de la empresa de Frigoríficos del Guadalquivir estará sujeto a los mismos riesgos durante el izado de las costillas que se sitúen sobre la vertical del ramal o sus inmediaciones. En este caso concreto, puede ser muy interesante la generación de un camino provisional alternativo por la cara dorsal de la pila 15, de forma que se vaya jugando según interese con el paso por el viario existente o el camino provisional alternativo, en función de la localización de los tajos en la obra. Este camino alternativo podría requerir, no obstante, ganar algo de terreno al canal de navegación, conforme a lo ya indicado en el apartado de "Necesidades de ocupación".

Por último, indicar que las operaciones de izado de costillas realizadas en esta fase no suponen riesgo alguno para el tráfico de la SE-30 por llevarse a cabo siempre desde cotas inferiores a la plataforma del tráfico. Sólo cabría una excepción, que se generaría en el caso de recurrir al izado de las costillas mediante uso de blondines colgados de cables anclados en las cabezas de los pilonos. Si bien los cables de sustentación del blondín se sitúan fuera de la proyección vertical de la calzada, al estar los pilonos por fuera del tablero, la rotura accidental de alguno de estos cables podría afectar a la seguridad de la calzada de la SE-30. De confirmarse el empleo de este sistema ya estudiarían en detalle las medidas de seguridad a adoptar.

En cuanto a la operación de instalación de las vainas de los tirantes definitivos, la necesidad de izar unos de los extremos de la vaina a la ampliación del pilono, podría suponer cierto riesgo para la seguridad del tráfico rodado de la SE-30. No obstante, este riesgo se califica de riesgo mínimo, siempre y cuando se aseguren las condiciones de estrobo y se cumplan las limitaciones de viento establecidas para el izado de la vaina. Además, es de destacar que el izado de esta vaina se realizará siempre por el exterior de la vertical de calzada, donde el propio sistema de atirantamiento existente supone una barrera física entre la vaina que está izando y el tráfico. En base a esta exposición, se entiende que el izado de las vainas se puede acometer sin poner en peligro en ningún momento la seguridad del tráfico de la SE-30.

Se han previsto cortes nocturnos de los carriles exteriores de la plataforma para la descarga de material y para asegurar el acceso mediante camión grúa y cesta a determinadas actuaciones no accesibles desde la plataforma móvil.

#### 5.4.2 Fase 4.3.: Sustitución de tirantes y acondicionamiento lateral de la plataforma

Los trabajos de sustitución de los tirantes comenzarán con la ocupación de la mitad de los carriles exteriores de la calzada de la SE-30, reduciendo la capacidad de la calzada a sólo 4 carriles, dos en cada sentido de circulación. Se instalará la señalización provisional de obra, junto con una barrera provisional de tipo New Jersey de hormigón, en separación del tráfico rodado y la zona de trabajos.

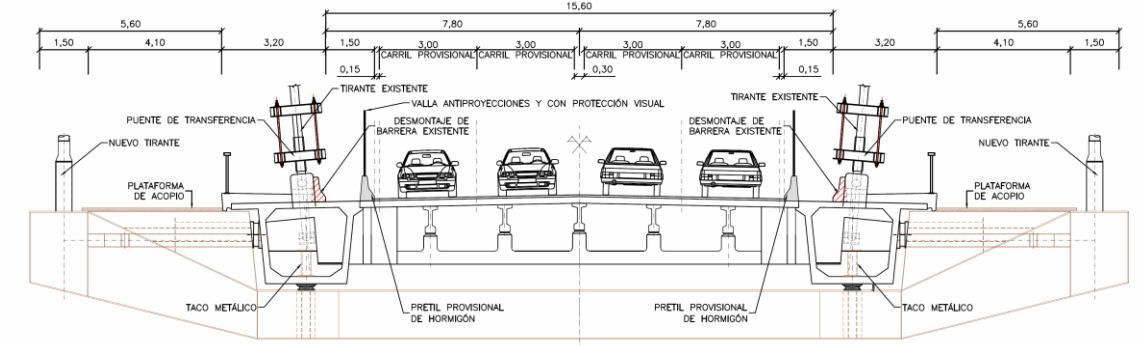


Figura 75. Ocupación temporal del medio carril extremo de la calzada de la SE-30. Reducción a 4 carriles provisionales (2 por sentido de circulación)

A continuación, para el tirante existente en el que se va efectuar su transferencia de carga, se instalará el puente de transferencia en el extremo del tirante situado a cota del tablero. Este dispositivo consiste en una estructura metálica auxiliar dotada de unas barras de anclaje que absorberán temporalmente la carga del tirante existente, para continuación transferírsela al tirante definitivo una vez se haya cortado el antiguo anclaje activo del tirante existente y se descarguen las barras de anclaje del puente de transferencia.

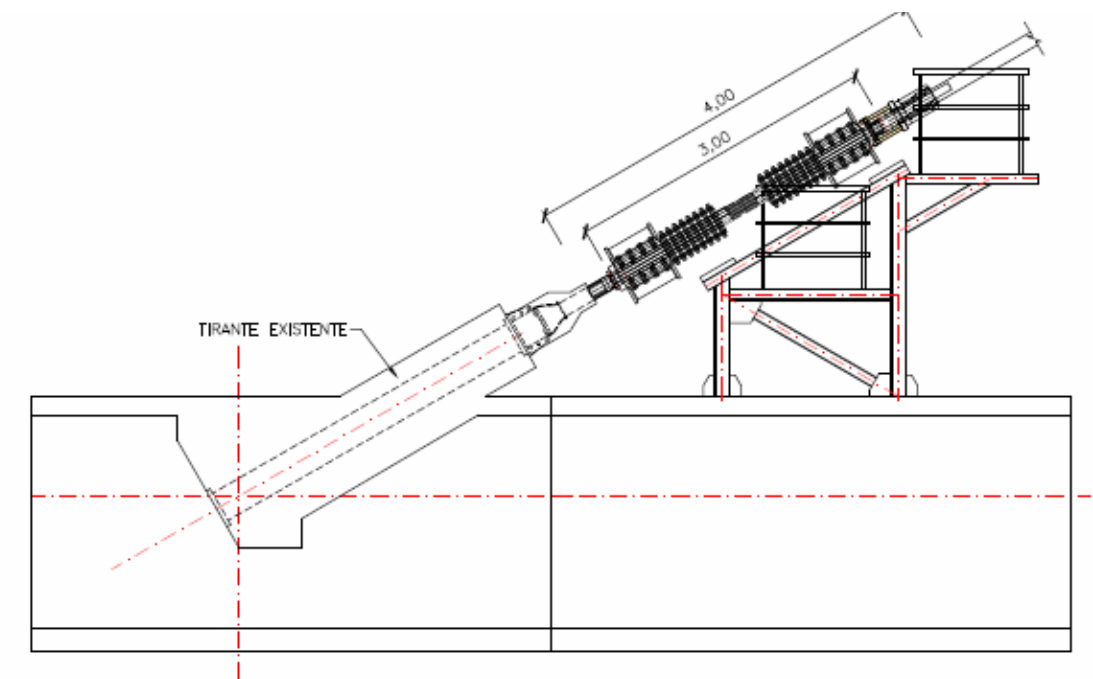


Figura 76. Detalle tipo del puente de transferencia.

La figura precedente contempla un detalle tipo del puente de transferencia. Este detalle, donde el puente de transferencia está compuesto por dos barras Macalloy de Ø75 mm servirá para aquellos tirantes cuyo número de cordones sea inferior a 36 unidades. Para los tirantes cuyo número de cordones supere este valor se deberá ajustar a las exigencias de carga de dichos tirantes.

Para la instalación del puente de transferencia sobre un tirante existente, las operaciones a realizar son:

- Fase 1: Montaje de plataformas de trabajos, retirada de vaina y eliminación del mortero del relleno de los tirantes, para a continuación limpiar la armadura con chorro de agua.
- Fase 2: Colocación de torones de ajuste y atado mediante flejes metálicos e inyección del tramo saneado de cordones.
- Fase 3: Colocación de yugos y barras Macalloy. Colocación de bridas y tesado de tornillos de alta resistencia, a cuyo término se tesarán las barras Macalloy.
- Fase 4: Corte progresivo de cordones con soplete.

**La operación de corte de los cordones del tirante se hará en horario nocturno con corte total del tráfico por el tablero.**

- Fase 5: Destesado progresivo mediante escalones del puente de transferencia y tesado del tirante definitivo.
- Fase 6: Desmontaje de puente de transferencia para el traslado al siguiente tirante.
- Fase 7: Retirada del tirante existente.

Una vez sin carga el tirante existente, el desmontaje de éste (fase 7) consistirá en colocar en el extremo superior del tirante situado sobre el paramento del pilono, unas bridas de sujeción abrazando a las vainas a las que se conectará el gancho de la grúa torre. Asegurado el enganche de la grúa a la brida del tirante, se procederá al corte del tirante en una sección intermedia entre el paramento del pilono y la brida, de forma que cuando se culmine el corte, el tirante se encuentre suspendido de la grúa torre a través de su enganche a la brida. A continuación, se realizará el descenso de la vaina, y una vez depositado en toda su longitud sobre la acera, se procederá a cortar el tirante en tramos más pequeños que permitan su carga y transporte a vertedero.

Por último, en el tramo de tablero donde se han desmontado los tirantes existentes, se procederá al acondicionamiento de la plataforma, picando los dados de anclaje de los antiguos tirantes y las aceras existentes, así como se procederá a la instalación (o preinstalación) de los pretiles de contención definitivos. A continuación, se realizaría una regularización de las superficies de aceras demolidas, pensando en el posterior tratamiento de impermeabilización y pavimentación de la superficie ganada a la plataforma.

#### Necesidades de ocupación

Para la operación de transferencia de carga del tirante actual al tirante definitivo se afectará parcialmente al tráfico de la SE-30, procediendo a la ocupación, en ambos márgenes del tablero, de la mitad del carril exterior. Circunstancia que supone que durante la ejecución de estos trabajos, a lo largo de un periodo de unos 3-4 meses, el puente sólo dispondrá abierto al tráfico 4 de los 5 carriles de circulación existentes.

#### Medios auxiliares necesarios

En esta fase no se prevé el uso de ningún medio auxiliar adicional más allá del empleo de la grúa torre dentro de su radio de alcance, o fuera de éste, el empleo de grúas de pequeño tonelaje/camiones pluma para el traslado a lo largo del puente de los equipos necesarios para realizar la sustitución de tirantes (accesorios del tirante provisional, equipos de tesado, estructura de puente de transferencia, etc..).

#### Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

Si bien no se puede catalogar de un riesgo en sí mismo, la realización de los trabajos previstos en esta fase supondrá la ocupación parcial de la calzada de la SE-30, reduciéndose temporalmente a 4 carriles

de circulación (2 por sentido) con el consiguiente aumento de la congestión, especialmente en las horas de máxima intensidad de tráfico. A su vez, la realización de trabajos en plataforma puede ser objeto de distracciones por parte del tráfico rodado que se traduzcan en alcances y pequeñas colisiones. Para minimizar estas distracciones se considera adecuado disponer sobre la barrera de tipo New Jersey provisional, en separación del tráfico y la zona de trabajos, un cerramiento opaco de obra, que a su vez servirá como elemento de contención de pequeñas partículas que pudiesen salir proyectadas durante los trabajos de demolición (aceras y desmontaje de pretil actual de hormigón).

En cuanto a las operaciones de transferencia de carga, de los tirantes existentes a los tirantes definitivos, a pesar de ser una operación con garantías donde el riesgo de accidente es muy limitado, se puede programar la ejecución de esta operación en horario nocturno, aprovechando la baja intensidad de tráfico en dicha ventana de trabajo.

## 5.5 FASE 5: ACONDICIONAMIENTO GLOBAL DE PLATAFORMA

La presente fase tiene por objeto el acondicionamiento del pretil situado en la mediana, en separación de los sentidos de circulación, junto con el tratamiento de impermeabilización de toda la superficie del tablero para garantizar la adecuada durabilidad del tablero.

Los trabajos de acondicionamiento de la plataforma se iniciaron en la fase precedente, aprovechando el corte parcial de los carriles exteriores del tablero con motivo de los trabajos de transferencia de carga de los tirantes actuales a los definitivos.

El resto de la plataforma se acondicionará por subfases con la premisa de tener siempre abiertos al tráfico dos carriles provisionales para cada sentido de circulación:

### 5.5.1 Necesidades de ocupación.

Para impermeabilización de toda la superficie de trabajos, los trabajos se subdividirán de forma que siempre se tengan a disposición del tráfico dos carriles provisionales, conforme a las siguientes fases:

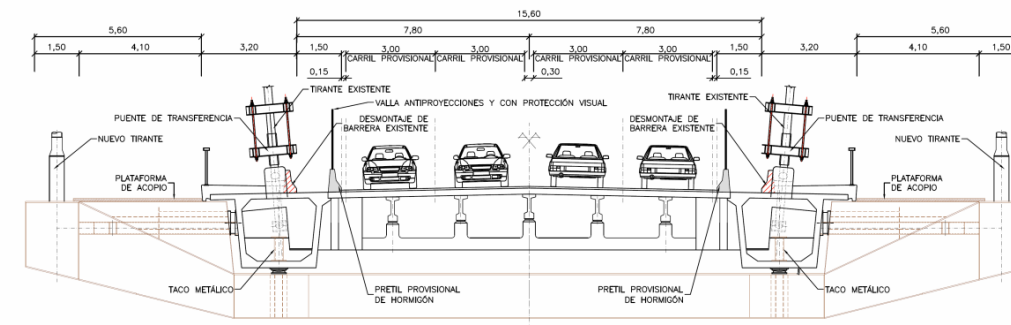


Figura 77. Acondicionamiento lateral de la plataforma (esta fase se irá ejecutando conforme se va haciendo la transferencia de carga a los tirantes definitivos).



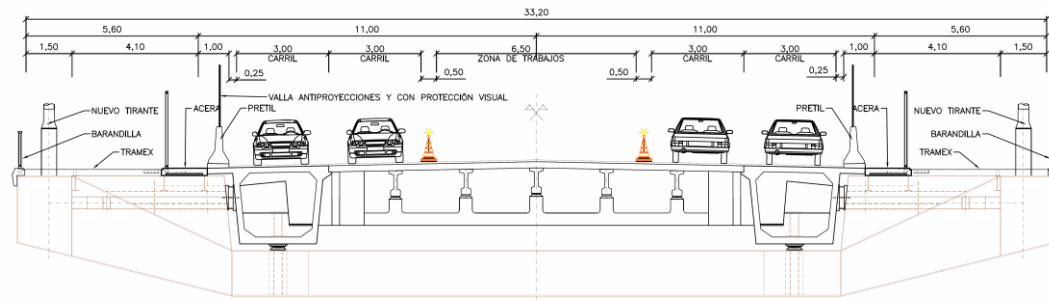


Figura 78. Fresado, impermeabilización y aglomerado en zona de mediana

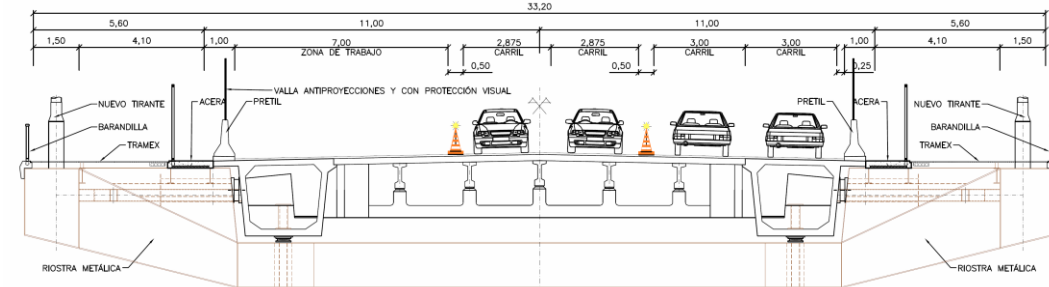


Figura 79. Fresado, impermeabilización y aglomerado en lateral izquierdo

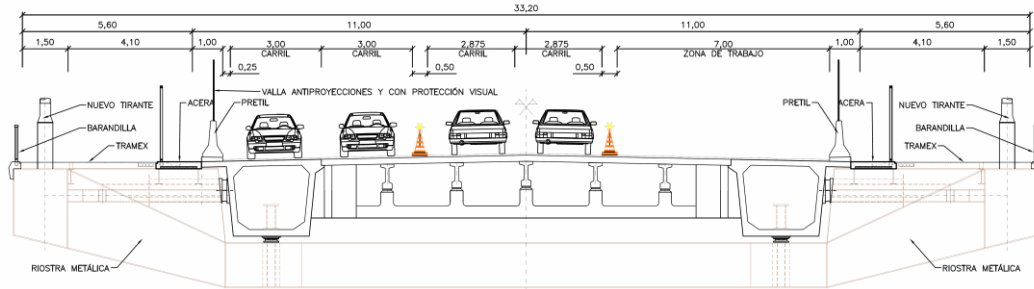


Figura 80. Fresado, impermeabilización y aglomerado en lateral derecho

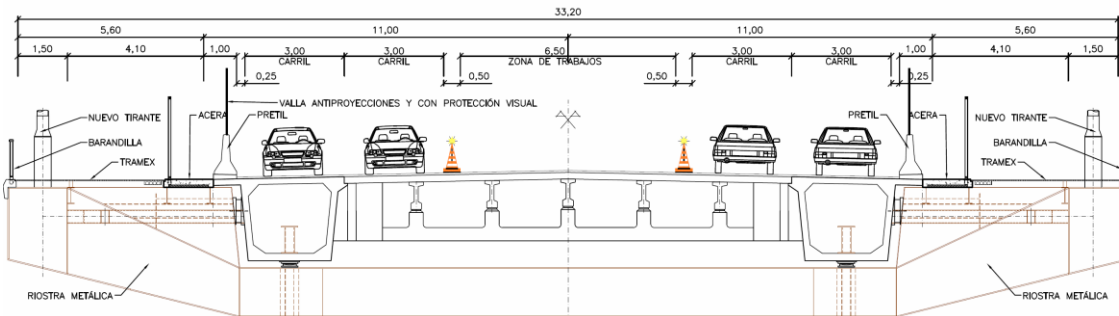


Figura 81. Instalación de pretil en zona de mediana

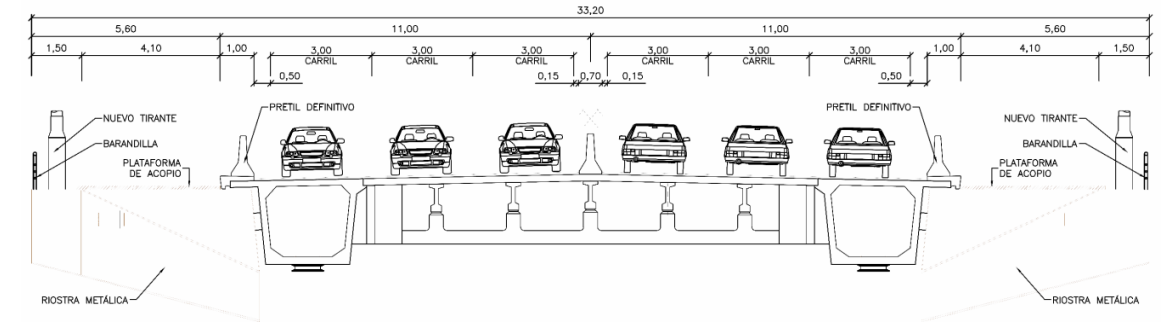


Figura 82. Situación definitiva con 3 carriles por sentido

### 5.5.2 Medios auxiliares (análisis conceptual que deberá concretar el Constructor en fase de obra)

Para la implantación del pretil de mediana no se considera necesario el empleo de ningún tipo de medio auxiliar, más allá de un camión pluma para la descarga de materiales.

En el caso de los trabajos de impermeabilización de la plataforma, los medios auxiliares se restringirán a los equipos de fresado y aglomerado.

### 5.5.3 Listado de posibles afecciones al tráfico de la SE-30

Para garantizar la seguridad de la obra durante los trabajos de instalación del pretil central de mediana se prevé la colocación de dos barreras rígidas de hormigón de tipo New Jersey, separando el tráfico rodado de la zona de trabajos.

Esta operativa de colocación de barreras de hormigón de tipo New Jersey en separación del tráfico de la zona de trabajos se extendería a los trabajos de fresado, impermeabilización y repavimentación.

## 5.6 FASE 6: ACABADOS Y FIN DE OBRA

Esta fase se corresponde el final de obra, donde se procederá a la retirada de las penínsulas provisionales de escollera, el desmontaje de medios auxiliares, la reposición final de servicios, restitución de cerramientos, etc...

## 5.7 POSIBLE AMPLIACIÓN FUTURA FINAL

Como se ha indicado en el presente proyecto de trazado, el diseño de la estructura metálica que permitirá los trabajos de sustitución de tirantes tiene en cuenta la posibilidad de una futura ampliación del tablero, mediante dos tableros exentos por el exterior del tablero actual.



Figura 83. Infografía de la posible ampliación futura del tablero.

El montaje del tablero de Fase 2 (ampliación futura del tablero actual) podría realizarse de forma similar a la que se izan las piezas (costillas y cajón lateral) en Fase 1 (fase de sustitución de tirantes), p.ej., con izado desde barcaza.

En realidad, esta fase de montaje tiene menores limitaciones que la Fase 1, al no afectar al tráfico, y poder contar con puntos de apoyo de los medios de izado con mayor facilidad (no hay limitaciones de espacio como sí que ocurre con el montaje de Fase 1).

En cualquier caso, se considera que hay diferentes alternativas posibles, y que esto no resulta condicionante para el diseño en Fase 1.