

INDICE

Página

Página

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- NUEVA PROPUESTA DE PASARELA.....	1

APENDICES

APÉNDICE 1.- PROYECTO DE ESTRUCTURA DE PASARELA PEATONAL DE HMAR (ICITECH)

- Memoria
- Memoria de cálculo
- Planos
- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

1.- INTRODUCCIÓN

El proyecto vigente plantea la ejecución de una pasarela peatonal en el pk 0+160, con una longitud de 44.20 m, que se disponen en un único vano, como elemento biapoyado en los estribos, y sin colocar por tanto pilas intermedias, que suponen un obstáculo en el cauce.

El ancho total del tablero es de 3.56 m de los que son útiles 3 m, presentando en planta un trazado en un solo tramo recto con un esviaje de 6.91° respecto al eje del cauce, no disponiéndose por tanto perpendicular a los muros del encauzamiento.

El trazado en alzado también es recto, ya que aunque se prefabrica formando una parábola que define la contraflecha que se le da debido a peso propio y a carga muerta, al colocarla y quedar apoyada sobre los estribos queda recto.

Además, el tablero formado por celosías de barras, en alzado queda encajado en los estribos, estando a la misma cota la celosía del nivel superior del tablero y la coronación de los estribos. Los estribos se continúan con el perfil longitudinal de los muros existentes del encauzamiento, dando continuidad a este, y cumpliendo así con uno de los objetivos iniciales.

La estructura principal la constituye una pasarela con un tablero de barras formando cuatro celosías planas, dos laterales, una superior y otra inferior, y unido dicho tablero a la cubierta a lo largo de toda la pasarela por medio de montantes colocados cada dos metros y veinte milímetros, pero solo en uno de los laterales, quedando el otro lateral del tablero totalmente independiente y no unido a la cubierta, constituyendo así un elemento descubierto, limpio y transparente que deja paso al mar.

Se trata de un elemento de acero corten (acero resistente a la corrosión atmosférica), prefabricado en taller por piezas de dimensiones adecuadas para el transporte, y posterior unión de los diferentes elementos a pie de obra mediante soldadura. Finalmente, y para su ubicación definitiva, se realizará un alzado de toda la estructura mediante grúa capaz de soportar el peso de la pasarela.

Las subestructuras la forman dos estribos situados a ambos márgenes del encauzamiento y siguiendo la misma tipología de los muros del encauzamiento existentes para modificar lo mínimo posible el encauzamiento en el primer tramo. Además estos estribos están alineados con los muros interiormente al encauzamiento, para no invadir este o hacerlo más estrecho, modificando por tanto las características hidráulicas de este.

Además de la pasarela en sí, la obra comprende los accesos, una rampa y una escalera en cada uno de las márgenes, necesarias para alcanzar la cota del tablero, siendo esta cota bastante semejante en ambas márgenes, 5.22m en el margen derecho y 5.27m en el margen izquierdo.

Estos accesos, para continuar con los materiales empleados en toda la estructura, están pensados se realicen con una combinación de madera y acero corten, además de utilizar la misma tipología de barandilla que en el resto de la pasarela, con lo que tanto los accesos como la pasarela en si conforman un único elemento.

2.- NUEVA PROPUESTA DE PASARELA

El estudio de la zona, en cuanto a la conexión de la pasarela con la trama urbana en ambas márgenes, la singularidad del emplazamiento, a medias entre zona urbana, fluvial y marítima, y el interés transmitido por parte del Ayuntamiento de Alicante referente a la necesidad de reconsiderar y mejorar la solución proyectada, ponen de manifiesto la necesidad de estudiar con detalle la solución propuesta, de manera que resuelva de la manera más eficiente la funcionalidad de la misma, sin perder de vista el valor añadido que toda obra debe aportar al espacio en el que se desarrolla.

Respecto a la funcionalidad se ha comprobado que, dado el escaso espacio de acera disponible en el desembarco de la margen izquierda, C/ Panamá, unido a los problemas derivados de la necesidad de garantizar el tráfico vecinal en dos sentidos en un único carril y la escasez de aparcamientos, ambos transmitidos de manera reiterada al Ayuntamiento de Alicante por los vecinos, con la solución de rampas y escaleras prevista en dicha margen necesitaríamos de la ampliación de acera prevista en proyecto, reduciendo plazas de aparcamiento y espacio para el cruce de vehículos en una longitud superior a los 30 metros. De las conversaciones mantenidas con el Ayuntamiento de Alicante a este respecto se dedujo que no resultaba la opción más conveniente.

De igual modo, el hecho de añadir al parque municipal la estructura de rampas y escaleras suponía una pérdida de zona verde y lúdica disponible actualmente poco aconsejable.

En ambos casos, el impactos visual de estos elementos con una altura considerable respecto a la cota de paseo actual hacían necesaria una reconsideración, al menos desde el punto de vista estético y de calidad visual del entorno.

Derivado del nuevo estudio hidráulico del barranco realizado por la Universidad Politécnic de Valencia, se comprobó que los niveles de la máxima avenida en el entrono de la pasarela suponían unos resguardos superiores a los 3,5 metros en ambas márgenes, dándose la circunstancia a su vez, que previamente a superar dicho resguardo se agotaría el disponible bajo los puentes del ff.cc. y la carretera de la desembocadura, objeto del proyecto, por lo que reconsiderar la cota de desembarco en ambas márgenes de manera que se transite sin necesidad de rampas ni escaleras a la cota actual de ambas aceras mantendría el nivel de seguridad del encauzamiento planteado.

Con esta modificación de la cota inferior de la pasarela, mantendríamos un resguardo mínimo, según el informe hidráulico de 2,85 metros bajo la pasarela, muy superior a los mínimos habituales, permitiendo mantener la configuración actual del parque, de la acera de la margen izquierda y eliminando el impacto visual de las estructuras de acceso.

A su vez, el hecho de reducir la cota del apoyo redundaría en una disminución de los esfuerzos a resistir por los estribos, debidos a la acción de los esfuerzos horizontales transmitidos en su coronación por los apoyos.

En este sentido, la ubicación en planta de la pasarela, definida con la finalidad de dar continuidad a la salida de rampas y escaleras, dejaría de ser idónea, resultando más consecuente ubicar el desembarco en continuidad con la rampa y escaleras existentes en el parque, lo que conlleva

trasladar la pasarela desde el pk 0+160 hasta el pk 0+140.9, coincidiendo también que en la margen izquierda no quede enfrentada con ninguna de las salidas de garaje existentes.

Continuando con las propuestas de mejora, en respuesta a las demandas del Ayuntamiento respecto a la calidad estética y singularidad de la solución proyectada, se estudian diferentes alternativas para modificar la tipología, materiales y geometría de la pasarela proyectada.

Desde el grupo de investigación sobre tecnologías de hormigones especiales del ICITECH de la Universitat Politècnica de València se propuso la opción de modificar el diseño de la pasarela con la intención de incorporar alguna de las últimas tecnologías desarrolladas por el grupo. Esta propuesta se sustenta en el hecho de que el grupo ha desarrollado los materiales y tecnología para ello, a partir de las investigaciones y experiencias publicadas en los foros científicos más avanzados en la materia, en particular las recomendaciones francesas para el diseño con Hormigón de muy alta resistencia, incorporando su propia experimentación y adaptándolo a las condiciones locales. Todo ello gracias al trabajo del equipo y al apoyo de las instituciones y ayudas públicas tanto autonómicas como estatales. El nivel alcanzado aquí y ahora en este punto puede garantizar que la aplicación en obra es viable y segura. La solución proyectada ha conseguido:

- i. Incorporar como material constructivo el Hormigón de Muy Alto Rendimiento desarrollado por el grupo.
- ii. Diseñar una pasarela que aproveche al máximo las propiedades de éste material de manera que pueda considerarse una obra tecnológicamente pionera a nivel español y muy avanzada en a nivel internacional.
- iii. Ejecutar las obras, garantizando los niveles de prestaciones previstos en el proyecto, sin modificar el coste previsto.

El objetivo general ha sido el de plantear una obra que sea pionera en lo relativo al material empleado y el diseño constructivo, actuando con tecnología española, con una realización que supere en estos aspectos a cualquier otra en España y esté al nivel de los últimos avances incorporados en el resto del mundo.

Se pretende incorporar la tecnología de hormigones de muy alto rendimiento con el mayor nivel de incidencia posible con la intención de que la pasarela que se construya marque un hito procurando darle la máxima visibilidad posible y se convierta en una obra emblemática para el barrio. Para ello la pasarela incorpora como objetivos parciales:

- iv. Crear un diseño de máxima ligereza. Reduciendo el peso propio y procurando generar sensación de transparencia.
- v. Integrar la pasarela al entorno dándole un valor añadido que actúe como foco de atención.

vi. Crear una estética avanzada que reúna aspectos innovadores tanto en el diseño general de la obra como en los relacionados con la textura y color del material. Se pretende que el aspecto responda a la innovación que representa, y por tanto debe marcar las diferencias con otras tecnologías y materiales.

vii. El carácter relevante de la pasarela se pone de manifiesto considerando que la pasarela que se planea construir será la primera fabricada con HMAR en España, y la primera pasarela triangulada hecha exclusivamente con HMAR del mundo.

A continuación se incluye el proyecto de estructura realizado por parte del grupo de trabajo de ICITECH, cuya definición se ha incorporado al presente proyecto.

APÉNDICE 1: PROYECTO DE ESTRUCTURA DE PASARELA PEATONAL DE HMAR (ICITECH)

MEMORIA



Pasarela sobre el Barranco de las Ovejas

Memoria

Pedro Serna Ros
Juan Navarro Gregori
Juan Ángel López Martínez
Esteban Camacho Torregrosa

Mayo 2012

ÍNDICE

Objeto y contenido.....	3
Introducción al HMAR.....	3
Experiencia internacional con HMAR.....	5
Experiencia del grupo de HMAR de la Universitat Politècnica de València	6
Diseño y justificación de la solución adoptada.....	10
Estudio de alternativas	11
Descripción general de la solución proyectada.....	13
Procedimiento constructivo	16

Objeto y contenido

El objeto de este documento es el diseño y justificación de una pasarela de 43.5 m construida mediante el empleo de Hormigón de Muy Alto Rendimiento proyectada en el Barranco de las Ovejas dentro del proyecto “Acondicionamiento del Barranco de las Ovejas en su tramo final (P.K. 0+457 hasta desembocadura) (Alicante)”

Dado el escaso conocimiento del material en España, se muestra en el presente documento una breve descripción de las características del material, así como de la experiencia tanto internacional como del propio grupo de trabajo a cargo de este documento con el material.

A continuación, se justifica la solución adoptada y se describe el procedimiento constructivo que será necesario seguir para su correcta ejecución.

Por último, se presentan los cálculos estructurales que garantizan la seguridad estructural de la pasarela propuesta.

Introducción al HMAR

El Hormigón de Muy Alto Rendimiento (HMAR) más conocido en la bibliografía internacional como UHPC o UHPFRC es un material de construcción relativamente joven muy poco conocido en España. Sin embargo, sus primeras aplicaciones en la ingeniería civil en el mundo se remontan a 1997 con la construcción de la primera pasarela realizada empleando este material en Sherbrooke (Canadá). A partir de ese momento surge un cada vez mayor número de investigaciones acerca de este material en todo el mundo así como crecientes aplicaciones de este material en todos los ámbitos, ingeniería civil, edificación, diseño industrial y arquitectónico.

El HMAR es un material que combina las tres tecnologías punteras del hormigón: alta resistencia, empleo de fibras de acero y autocompactabilidad. La AFGC (Asociación Francesa de Ingenieros Civiles) define el material como aquél con resistencia a compresión superior a 150 MPa, elevada resistencia a flexo-tracción y un comportamiento muy dúctil. Generalmente en estado reológico tiene una elevada trabajabilidad, que facilita la puesta en obra y permite controlar la orientación de las fibras.

Elaborar este tipo de hormigón requiere materias primas exclusivas (fibras de alto límite elástico, superplastificantes de tercera generación, áridos con tamaño máximo reducido, etc.), maquinaria y procesos no convencionales (alta energía de fabricación, curado al vapor, etc.) y elevados niveles de control (humedad, garantizar dimensiones en elementos de reducido espesor).

La repercusión de las propiedades del HMAR para las aplicaciones estructurales son muy grandes y se enumeran brevemente a continuación:

- Aumento de la resistencia a la tracción del hormigón para resistir los esfuerzos secundarios que aparecen en los elementos estructurales tales como la retracción

o los esfuerzos debidos a sollicitaciones tangenciales. Esto permite la eliminación de la armadura de cortante y suprime los armados mínimos geométricos, con un ahorro considerable del proceso de elaboración de ferralla.

- Elevada ductilidad proporcionada por las fibras que permite una elevada distribución de esfuerzos internos en los elementos elaborados dotando a las estructuras de un componente de seguridad adicional.
- Reducción de la fisuración. Aunque el proceso de fisuración es algo inevitable en un elemento pétreo como es el hormigón, las fibras contribuyen a que el proceso de fisuración sea un proceso distribuido en una región amplia del elemento. A diferencia del hormigón tradicional en el que aparecen un número determinado de fisuras visibles y medibles, en el HMAR se produce lo que se conoce con el nombre de “multifisuración”, esto es, el desarrollo de multitud de fisuras con un espaciamiento muy que pequeño y una abertura mínima hasta llegar prácticamente a la rotura del material lo que implica un incremento notable de la durabilidad de la estructura.
- Como refuerzo a la idea expuesta en el punto anterior, cabe recalcar que la deformación necesaria para la aparición de una fisura visible en este material se encuentra en torno al 2,5-3 por mil. Teniendo en cuenta que la plastificación del acero se produce a este rango de deformaciones, hasta que la armadura no está plastificada, es decir a un nivel de esfuerzos cercanos al de agotamiento, la fisura no se abre en el hormigón.
- La elevada resistencia a compresión del HMAR junto con su comportamiento dúctil permiten un mayor aprovechamiento del pretensado y una agilización de los procesos de prefabricación ya que tan sólo 24 horas después del hormigonado, el HMAR alcanza resistencias medias de unos 80 MPa. Es por ello, que el HMAR alcanza su máximo potencial en el desarrollo de aplicaciones prefabricadas y pretensadas.
- Disminución de las secciones de hormigón que suponen una disminución de volumen total de hormigón de entre el 60-75% en comparación con una sección de hormigón convencional. Esto tiene una gran repercusión en la sostenibilidad del material, ya que si bien el HMAR utiliza 3 veces más cantidad de cemento que el hormigón tradicional, como mínimo el volumen total se reduce en 3 veces, manteniendo el volumen total de cemento consumido. Esto junto con el empleo de subproductos industriales como la ceniza volante o el humo de sílice, contribuyen en cierta medida a la sostenibilidad. La reducción global de las necesidades de áridos es otro factor a tener en cuenta
- La disminución de volumen trae consigo una reducción del peso total de los elementos. Esto supone una disminución de las necesidades de equipos de elevación además de los ahorros en cimentación que pueden ser enormes en terrenos de mala calidad ya que las exigencias de peso propio son como mínimo de 3 veces inferiores.
- La esbeltez de los elementos dotan a las soluciones en HMAR de un gran valor estético en contraposición a la robustez que ha caracterizado a las construcciones de hormigón. En una sociedad cada vez más preocupada de la estética de su entorno, el HMAR se convierte en una solución elegante y a su vez económica.

- La elevada presencia de materiales finos en la mezcla que constituye el HMAR le dota de propiedades autocompactantes que junto con la reducción de armado y la elevada resistencia hace posible la fabricación de elementos de espesor reducido.
- La finura de los materiales hacen que los acabados de las superficies del HMAR imiten con extremada fidelidad las superficies de los materiales que hacen de encofrado pudiendo conseguir casi cualquier tipo de superficie eligiendo el correcto molde. Así, al valor estético del a esbeltez se une el valor estético del acabado superficial.
- La autocompactabilidad unida a la escasa fisuración hace del HMAR un material con una durabilidad extrema incluso en los ambientes más agresivos, como pueden ser en España, las zonas del litoral o de alta montaña. Además, en zonas urbanas es muy importante su resistencia a la orina de las mascotas, su inalterabilidad frente a los rayos UV, su elevada resistencia a impacto y su facilidad de atornillado
- En general, se reducen los costes de mantenimiento de los elementos de HMAR y se prolonga la vida útil. Esto permite la reducción de los recubrimientos de las armaduras y de nuevo, la reducción de las secciones.

La extensión del HMAR fuera del ámbito de la investigación hacia la construcción queda muy limitada debido al desconocimiento por parte de diseñadores de su existencia, a la escasez de normativa para su aplicación y diseño y, sobre todo, a su precio. Sin embargo, un correcto diseño que explote al máximo las cualidades del material permite la reducción de gran cantidad de volumen del mismo, y por ende, de las operaciones necesarias para su fabricación y colocación. Incluso sin tener en cuenta los costes de mantenimiento, el HMAR se muestra competitivo respecto al resto de materiales de construcción.

Experiencia internacional con HMAR

El HMAR puede considerarse un material con propiedades híbridas entre el acero y el hormigón convencional a un precio intermedio, lo cual le proporciona un evidente potencial de crecimiento como material de construcción. Desde 1997 la elaboración de estructuras con HMAR ha sido creciente, apreciándose una evolución progresiva de las formas estructurales hacia una explotación óptima del material.

Hasta la fecha, la manera más generalizada de elaborar estructuras de HMAR es como elementos prefabricados contruidos con alguna de las patentes existentes en el mercado (Ductal®, BSI®, BCV® o CEMTEC®), calculando los elementos según las recomendaciones Francesas o Japonesas. Algunas empresas de prefabricados elaboran elementos con estos productos (Hurks Beton, Hi-Con), si bien una minoría elabora su propio HMAR (ELO Beton, desde 2004).

Los países que concentran el mayor número de obras en este campo son Japón, EEUU, Francia, Alemania, Suiza y los Países Bajos. Las aplicaciones más destacables hasta la fecha son pasarelas, puentes de carretera, escaleras, balcones, fachadas y láminas. Muchas de estas explotan sobretodo la elevada compacidad y las características mecánicas de

compresión y flexión. Sin embargo, algunas otras aplicaciones son por durabilidad (vigas de las torres de refrigeración de centrales nucleares, o los mismos puentes de carretera en zonas de hielo-deshielo).

Experiencia del grupo de HMAR de la Universitat Politècnica de València

Desde 2008 el grupo de investigación de HMAR ha publicado documentos de investigación en 3 congresos Nacionales y 10 internacionales, ha concluido 4 proyectos finales de carrera con la máxima calificación, ha ganado varios premios Nacionales y trabajado con empresas y estudios de arquitectos. Las publicaciones realizadas se enumeran a continuación:

<i>Hybrid HMAR thin walled beams for flat roofing applications. IASS Symposium. CAMACHO. E., SERNA P. Valencia 2009.</i>
<i>Design and Analysis of UHP-Hybrid-FRC ties for truss structures. CAMACHO. E., SERNA P. 8th fib symposium in Civil Engineering. Denmark, 2010.</i>
<i>Optimización de dosificaciones de Hormigón Autocompactante de Muy Alto Rendimiento Reforzado con Fibras Híbrido. CAMACHO. E., SERNA P. 2^º Congresso Ibérico sobre HAC, Guimaraes, Portugal, 2010.</i>
<i>Design and experimental verification of SCC-UHP-Hybrid-FRC ties, 6^º International RILEM symposium on SCC, CAMACHO. E., SERNA P. Montreal, 2010.</i>
<i>HMAR Bolted Joints: Failure Modes of a New Simple Connection System. CAMACHO. E., SERNA P., LÓPEZ J.A. Michigan 2011.</i>
<i>Structural Design and Previous Tests for Retaining Wall Made with Precast Elements of HMAR. LÓPEZ, J.A., SERNA P., CAMACHO. E. Michigan 2011.</i>
<i>Caracterización de dosificaciones de HMAR con diferentes niveles de exigencia mecánica, CAMACHO E., SERNA P., LÓPEZ J.A., V Congreso ACHE, Barcelona, 2011.</i>
<i>Uso del HMAR como alternativa viable al diseño de un muro de contención de tierras, LÓPEZ, J.A., SERNA P., CAMACHO. E., V Congreso ACHE, Barcelona, 2011.</i>
<i>FC3R such an alternative to Silica Fume in HMAR. CAMACHO E., LÓPEZ J.A., SERNA P., 3^º International Symposium on UHPC. Kassel, March 2012.</i>
<i>Characterization of HMAR with three different levels of performance. CAMACHO E., LÓPEZ J.A., SERNA P., 3^º International Symposium on UHPC. Kassel, March 2012.</i>
<i>Structural design and previous calculations of a triangulated footbridge made of HMAR. LÓPEZ, J.A., SERNA P., CAMACHO. E., 3^º International Symp. on UHPC. Kassel, March 2012.</i>
<i>Structural design and preliminary calculations of a HMAR truss footbridge. LÓPEZ, J.A., SERNA P., CAMACHO. E., 8th RILEM International Symposium on FRC: Challenges and</i>

Opportunities. Portugal, September 2012 (proxima publicación)

Bolted joints for HMAR precast prestressed elements. CAMACHO E., LÓPEZ J.A., SERNA P., RILEM International Symposium on FRC: Challenges and Opportunities. Portugal, September 2012 (proxima publicación)

El grupo posee y conoce la información publicada en todos los congresos relacionados con la materia desde 2004: 1st, 2nd y 3rd International Symposium on UHPC. Kassel (2004, 2008 y 2012), International Workshop on HMAR. Marsella (2009), HPCFRCC 6, Michigan (2011).

Se están elaborando 2 tesis doctorales y las expectativas de crecimiento y desarrollo del grupo son muy positivas. Los resultados no solo se evidencian con las publicaciones realizadas, sino que se ha conseguido controlar la fabricación de un material que hasta hace poco era desconocido en España, y que tiene amplias posibilidades estructurales y estéticas.

Hasta la actualidad, el grupo de trabajo ha investigado fundamentalmente en los siguientes campos:

- Optimización de dosificaciones de HMAR con materias primas accesibles. Estudio del efecto de la simplificación de procesos.
- Estudio de la evolución de las propiedades mecánicas y de la reología del HMAR con diferentes niveles de exigencia mecánica.
- Diseño, elaboración y ensayo de elementos prefabricados pretensados en escala real en una empresa de prefabricados (forjados unidireccionales, celosías, etc).
- Diseño y análisis experimental de uniones atornilladas con HMAR.
- Diseño y cálculo de pasarelas de HMAR.
- Expansión a nuevos horizontes: Elaboración de mobiliario urbano e incluso joyería.



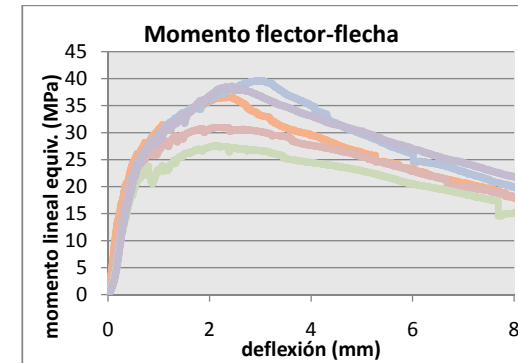
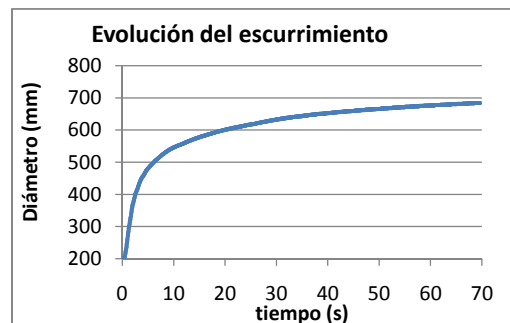
El HMAR desarrollado en la UPV contiene cemento CEM I 52.5 R/SR de Lafarge, humo de sílice ELKEM 940-U, dos tipos de arenas silíceas de tamaños 0-0.5 mm y 0.5-2 mm, y dos tipos de fibras de alto límite elástico: 1% en volumen de Dramix® OL 13/0.16 y 1% de Dramix RC-80/30-BP. La relación A/B es de 0.175 y el contenido de aditivo es de un 3.3% respecto al peso de binder (residuo seco 30%). El HMAR es híbrido y autocompactante. En la siguiente tabla se muestra el contenido de cada material:

Cemento	HdS	Arena 0.5mm	Arena 2 mm
1000 Kg/m ³	150 Kg/m ³	314 Kg/m ³	732 Kg/m ³

El material ha sido caracterizado elaborando amasadas de 50 litros en una amasadora intensiva EIRICH R-08-W. Dosificaciones previas han sido elaboradas en amasadoras industriales (elaborando 1 m³) alcanzando las propiedades propias del HMAR (fcm=150 MPa). Tras finalizar el proceso de amasado, el hormigón es almacenado en la cámara húmeda a 20º con un 100% de H.R. hasta el momento de su ensayo. El desmoldado se realiza a 24 h.

El material ha sido caracterizado a nivel reológico y mecánico, indicándose los valores medios en la tabla. Los valores se han obtenido a partir de los resultados de 15 amasadas de HMAR realizadas en diferentes épocas del año. El ensayo a flexión se ha realizado a tres puntos en probeta no entallada con una luz de 400 mm. El valor indicado en la tabla es la flexión lineal equivalente.

MAGNITUD	VALOR	NORMA
Tiempo abierto	60 min aprox.	-
Escurrecimiento	690-710 mm	UNE-EN 12350-8
t ₅₀₀	6 segundos	UNE-EN 12350-8
Densidad	2450 Kg/m ³	-
Módulo de elasticidad en compresión	44000 MPa	UNE-83316
Compresion cubo L=100 mm, 1 día	60-75 MPa	UNE-EN 12390-3
Compresion cubo L=100 mm, 2 días	90-105 MPa	UNE-EN 12390-3
Compresion cubo L=100 mm, 7 días	120-130 MPa	UNE-EN 12390-3
Compresion cubo L=100 mm, 28 días	150-160 MPa	UNE-EN 12390-3
Flexión probeta 100x100x500 mm	35 MPa	-



Diseño y justificación de la solución adoptada

El diseño de la pasarela se ha encontrado condicionado desde el primer momento por diversos condicionantes de diversa índole que ha repercutido en el estudio de soluciones de la pasarela.

Desde el punto de vista técnico de la obra circundante y de la obra en servicio, se han impuesto una serie de condicionantes:

- Pasarela de 43.5 metros de luz sin apoyos intermedios
- Por un lado, el límite superior del tablero está fijado por la pendiente máxima que se le puede dar a las escaleras de acceso. Por otro lado, el punto más bajo de la pasarela queda establecido por el mínimo gálibo necesario para cumplir con los requisitos fluviales del cauce. Teniendo en cuenta estos condicionantes, la distancia entre el punto más bajo de la pasarela y el inicio del tablero queda fijada en 41 cm. Este requisito limita en gran medida las opciones de diseño de la pasarela.
- Además, se requiere que no haya barandilla, es decir, la misma estructura resistente de la pasarela tiene que proporcionar esta función para los usuarios.
- Los elementos resistentes que hacen de barandilla deben ser lo más estrechos posibles o en su defecto garantizar que las personas no puedan caminar sobre ella.
- La idea de eliminar la barandilla se realiza con la intención de hacer lo más transparente posible la pasarela con el menor impacto visual posible

Por otro lado, es propósito el proyecto que la pasarela sea diseñada de Hormigón de Muy Alto Rendimiento (en adelante HMAR). Este tipo de material está concebido para aplicaciones prefabricadas, por lo que el diseño del puente tiene que estar pensado para ser construido en una central de prefabricados aprovechando al máximo los medios que

este tipo de instalaciones posee para una mayor economía de la solución proyectada. Ajustarse a estos medios implica los siguientes condicionantes:

- Pasarela con una tipología estructural tipo viga, prefabricada en su total longitud en la casa de prefabricados y transportada como un solo elemento a su lugar definitivo
- Sección en artesa. La sección en artesa permite el uso de encofrados utilizados en la fabricación de vigas muy utilizadas en hormigón armado y pretensado convencional.
- El ancho máximo de la mesa de tesado es de 2.90. Por tanto, el pretensado deberá localizarse exclusivamente en la zona inferior y los cordones de pretensado deben estar ubicados en una longitud inferior a al ancho máximo de la mesa.
- La pendiente máxima de las artesas es 6V:1H

Todos estos aspectos han sido tenidos en cuenta a la hora de establecer las diferentes alternativas en el diseño de la pasarela. Se ha tenido en cuenta además que la pasarela se encuentra dentro de la ciudad de Alicante uniendo dos barrios que han estado separados durante los últimos años. Se ha buscado que la pasarela pueda ser considerada un símbolo de la unión entre los barrios y de modernización. Es por ello, que el aspecto estético de la pasarela cobra un peso muy importante frente a los aspectos técnicos.

Estudio de alternativas

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la mayor distancia en vertical entre el límite inferior de la pasarela y el tablero es de tan sólo 42 cm. Además, se fuerza a que la barandilla forme esté integrada totalmente en la estructura resistente de la pasarela. Estos dos aspectos, restringen en gran medida el alzado de la pasarela.

Por un lado, se podría elegir una tipología tipo viga de canto constante. Si consideramos una altura habitual de 1 m para la barandilla y le sumamos los 0,42 m desde el tablero al límite inferior de la pasarela tenemos un canto total de 1.42 m. En este caso la relación canto-luz sería de 1/31. Una tipología viga, simplemente apoyada, con esta relación canto-luz tendría grandes dificultades para cumplir con el estado límite de deformaciones que se exige para pasarelas peatonales.

Otra solución sería recurrir a una sección cerrada en cajón. Sin embargo, el espacio libre para la cómoda circulación de peatones requeriría un canto mínimo de unos 3 metros y evitar que los peatones pudieran sentirse enjaulados durante su paseo por la pasarela.

Por ello, se ha decidió realizar una pasarela-viga de canto variable en la que tanto el tablero como la viga poseen un trazado parabólico. La máxima pendiente en apoyos se establece en un 6%. Según el artículo 9 de la Norma de Accesibilidad de la Comunidad Valenciana, este pendiente tiene consideración de rampa. Por ello, no es necesario la disposición de pasamanos cumpliendo con el nivel de accesibilidad requerido.

Con esta pendiente máxima en los extremos y no es necesaria según la normativa de accesibilidad de la Generalitat Valenciana. Considerando un trazado parabólico con su máximo el centro-luz, la distancia en vertical aumenta 0.648 cm. Asumiendo de nuevo una barandilla de 1 m, daría como resultado un canto total en centro luz de 2.05m. Esto daría una relación canto-luz en centro de 1/21 y de 1/30 en apoyos, valores típicos para los puentes de tipología viga.

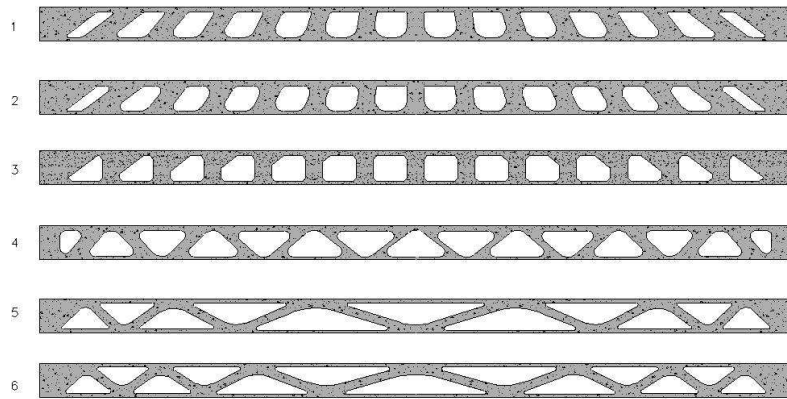
Una vez se ha establecido la curva del tablero y del cordón superior, la tipología viga y la sección en artesa queda por definir la tipología de las almas de la artesa. Éstas pueden ser macizas, dando lugar a una sección en cajón, o pueden estar aligeradas, dando lugar a una celosía.

En este caso, un alma aligerada da una mayor transparencia tanto para la vista como para el viento y ofrece una mayor sensación de esbeltez. Además, cualquiera que viera la pasarela desde cierta distancia pensaría que la pasarela es de acero. Sin embargo, al acercarse a ella se daría cuenta que realmente es de hormigón. Esta sensación de confusión ofrece un valor estético a la pasarela. Sin embargo, un alma en celosía con un tablero intermedio ofrece mayores problemas de pandeo en el cordón superior que si el alma fuese maciza, ya que esta última ofrece una rigidez transversal mucho mayor en cada punto del cordón. A pesar que desde el punto de vista estructural utilizar un alma llena es más adecuado, la transparencia y el aspecto estético han sido determinantes para considerarla como solución final de la pasarela por encima de la eficiencia estructural. El coste estructural de esta elección, se hace ver en un incremento del ancho de las diagonales y del cordón superior comprimido.

Las celosías han sido comúnmente utilizadas en diseños industriales. La tipología más común de triangulación es la tipo Pratt. Sin embargo, un diseño con una celosía Pratt se asociaría rápidamente a las aplicaciones industriales y esto no es estéticamente deseable. Otras dos alternativas son las celosías tipo Warren y tipo Vierendel. En la Imagen 1, se muestran varios diseños con estos tipos de celosías. Entre estas dos tipologías, la celosía Warren es mucho más eficiente ya que las diagonales trabajan de manera alternativa en compresión y tracción con una baja flexión. Sin embargo, en una celosía tipo Vierendel el cortante se transmite mediante flexión y cortante lo que la hace claramente ineficiente. El uso de esta tipología requiere utilizar unos montantes anchos y muy reforzados sin aportar un mayor atractivo estético (celosías 1,2 y 3).

La celosía número 4 ofrece una solución tipo Warren convencional en la que todas las diagonales tienen la misma inclinación y longitud. En las celosías 5 y 6, las diagonales son de longitud y pendiente variables. Este diseño tiene sentido si consideramos la forma en la que se transmite el cortante. En centro-luz el cortante es muy pequeño y por tanto la compresión de las diagonales centrales pequeñas. Por ello, la longitud puede ser mayor sin que haya problemas de pandeo. Conforme nos acercamos al apoyo, la compresión es mayor, los problemas de pandeo son mayores y por ello la longitud se reduce. Estas dos últimas alternativas ofrecen una apariencia más elegante y estética que recuerda a la forma de ola, lo que se hace apropiado en una zona situada al lado del mar.

Entre las alternativas 5 y 6, se ha elegido la alternativa número 6 ya que los problemas de pandeo en el diseño 5 serían mucho mayores.



Estudio de alternativas de las celosías

Tras el proceso de discusión de soluciones, observando ventajas e inconvenientes de todas las posibles soluciones, la tipología de puente en alzado que se ha elegido se muestra en la siguiente Figura.



Figura 2. Alzado final

Descripción general de la solución proyectada

El diseño final consiste en una sección en artesa de 43.5 m de longitud, con un vano efectivo de 42.8 m. El canto es variable desde 1,34 m en apoyos hasta 2.02 m en centro luz. Las almas de la artesa se encuentran aligeradas generando una celosía tipo Warren modificada y se encuentran inclinadas para ganar anchura suficiente de tablero con una pendiente de 6V:1H. Ambas celosías se encuentran unidas mediante el tablero en su parte intermedia y mediante una tercera celosía en su parte inferior.

Cada uno de los cordones inferiores de la pasarela tiene un canto de 0,15 m y contiene un total de 18 cordones Y1860S7. Los cordones superiores tienen una geometría variable, modificando su ancho según las necesidades estructurales de la pasarela, siendo más ancho en centro luz dando más inercia y más estrecho en la zona de apoyos.

El tablero se encuentra localizado en una posición intermedia y sigue la curva que describe el cordón superior, conectando las dos celosías laterales. El tablero posee dos nervios longitudinales de 0,15 m de canto y ancho variable, debido al sistema constructivo, a ambos extremos del mismo. Transversalmente, el tablero se encuentra nervado con nervios cada, aproximadamente, 1.6 metros.

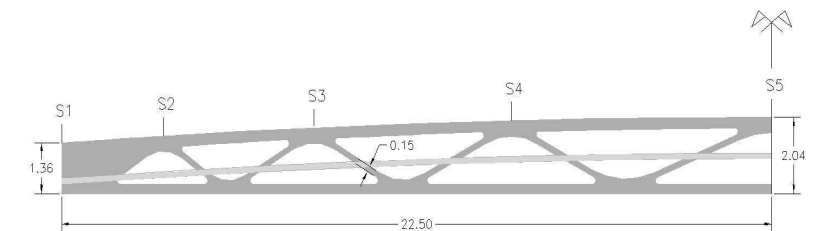
Las diagonales tienen una longitud que varía según su posición en la celosía. Tienen una sección rectangular de 0,15x0,12 cm, fuertemente reforzada. Las diagonales de la celosía inferior se entrelazan formando una geometría con forma de "X", en la que las diagonales tienen una sección de 0,15x0,10 cm.

Además, se incluye un cajón de servicio en uno de los cordones inferiores para permitir el paso de agua mediante tres tuberías de PVC de 75 mm de diámetro. Además, para la iluminación de la pasarela se dispone una luminaria tipo LED en la parte inferior del cordón superior en toda su longitud.

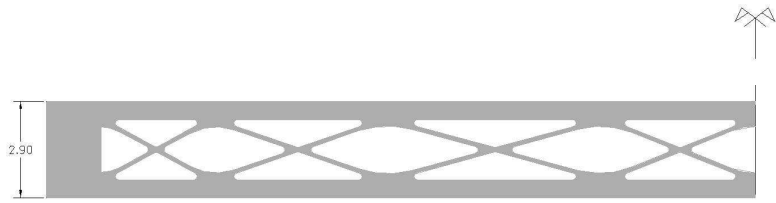
Los huecos de la celosía que quedan por encima del tablero están cerrados mediante un cristal cortado a medida para cada uno de los huecos. Una capa gruesa de material elastomérico permite la deformación de los huecos sin provocar daño al cristal.

En las figuras siguientes se muestran respectivamente el alzado de la pasarela, la geometría de la celosía inferior y dos secciones por centro luz en la que se pueden ver de manera descriptiva los elementos principales de los que se compone la pasarela.

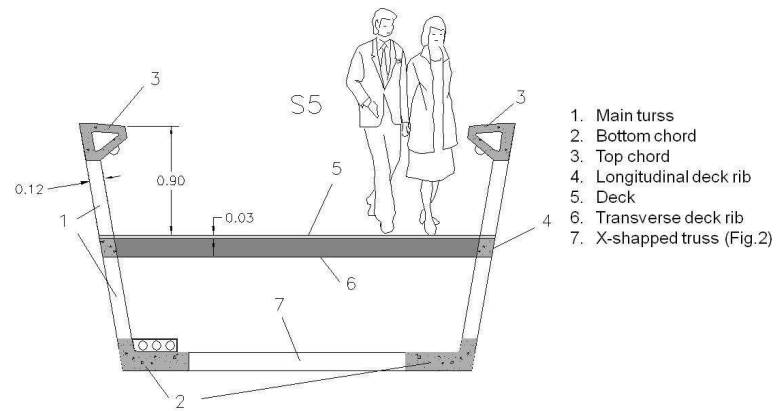
Para más detalle, los planos y secciones longitudinales de la pasarela se adjuntan en el documento "Planos".



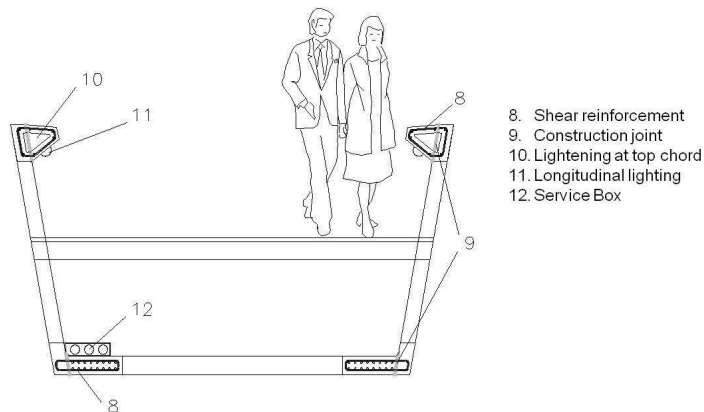
Alzado de la pasarela



Celosía inferior



Sección transversal en centro luz. Elementos principales



Sección transversal en centro luz. Elementos secundarios

Procedimiento constructivo

El sistema constructivo propuesto y para el que se han realizado los cálculos estructurales contempla que la totalidad de la pasarela sea construida en la casa de prefabricados para posteriormente ser transportada en su totalidad mediante transporte especial al emplazamiento final de la pasarela. Sin embargo, la complejidad del diseño hace imposible que la pasarela se pueda fabricar en una sola pieza sin ningún tipo de junta constructiva. Por ello, se decide fabricar la pieza en 5 fases.

Los primeros elementos en fabricarse son las diagonales laterales. Estos elementos se hormigonan en posición horizontal mediante el uso de un encofrado de 43.5 m de largo, 0.12 m de canto y ancho variable siguiendo la parábola descrita por el cordón superior. Dentro del encofrado, se disponen los elementos necesarios para crear la celosía propuesta además del nervio más exterior del tablero. En esta fase se coloca toda la armadura pasiva necesaria así como la armadura de conexión a rasante entre fases.



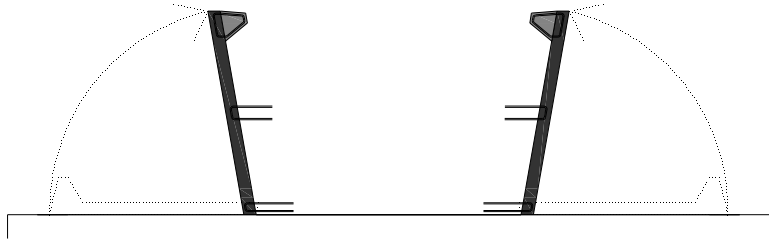
1ª FASE

Tras el hormigonado de la celosía lateral y manteniendo ésta en su posición horizontal, se hormigonan los cordones superiores con sus correspondientes aligeramientos en las regiones entre nudos. Ya que el cordón superior se utiliza de barandilla, se deberá garantizar un buen acabado superficial. Al día siguiente al hormigonado, se desencofra y se colocan las celosías en su posición definitiva con una pendiente 1H:6V.



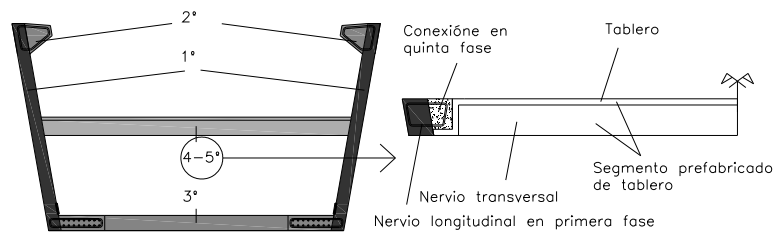
2ª FASE

En la tercera fase, estando las celosías en su posición definitiva, se colocan los cables de pretensado en el cordón inferior así como todos los elementos que han de servir de encofrado para el hormigonado del cordón y celosía inferior. En esta tercera fase tiene lugar el hormigonado de esta región.



3ª FASE

Paralelamente a esta proceso, en una cuarta fase se elaboran unas piezas prefabricadas de pared delgada y de sección en U que han de servir de zona pisable del tablero. Se ha de garantizar un correcto acabado rugoso de esta superficie. Al final de la tercer y cuarta fase, las piezas prefabricadas se elevan y se colocan entre las celosías laterales en su posición definitiva. Finalmente, en la quinta fase se hormigonan los nervios longitudinales que conectan el tablero con las celosías laterales además de los rigidizadores transversales.



4-5ª FASE

MEMORIA DE CÁLCULO



Pasarela sobre el Barranco de las Ovejas

Memoria de Cálculo

Pedro Serna Ros
Juan Navarro Gregori
Juan Ángel López Martínez
Esteban Camacho Torregrosa

Mayo 2012

ÍNDICE

1 CÁLCULOS ESTRUCTURALES DE LA PASARELA	4
1.1 Definición geométrica de la pasarela	4
1.1.1 Cordón comprimido (CC).....	5
1.1.2 Cordón Traccionado (CT).....	6
1.1.3 Diagonal Comprimida (DC).....	6
1.1.4 Diagonal Traccionada (DT).....	6
1.1.5 Diagonal de la triangulación inferior (DI)	7
1.1.6 Viga lateral de apoyo del tablero en la celosía (VTAB)	7
1.1.7 Rigidización transversal del tablero (RIGTAB).....	7
1.1.8 Tablero (TAB).....	7
1.2 Normativas y recomendaciones para el cálculo	8
1.3 Características de los materiales	8
1.3.1 Hormigón	8
1.3.2 Armadura pasiva.....	9
1.3.3 Armadura activa.....	9
1.4 Coeficientes de seguridad	10
1.5 Acciones consideradas	11
1.5.1 Acciones permanentes.....	11
1.5.2 Acciones permanentes de valor no constante	11
1.5.3 Pretensado.....	11
1.5.4 Acciones variables.....	12
1.6 Análisis estructural	17
1.6.1 Idealización de la estructura	17
1.6.2 Casos de carga	19
1.6.3 Hipótesis de combinación de acciones	19
1.6.4 Esfuerzos de cálculo.....	28
1.7 Cálculo de la pasarela	39
1.7.1 Pérdidas de pretensado.....	39
1.7.2 Estado límite último de equilibrio	40
1.7.3 Dimensionamiento en rotura.....	40
1.7.4 Dimensionamiento en servicio.....	57

1 CÁLCULOS ESTRUCTURALES DE LA PASARELA

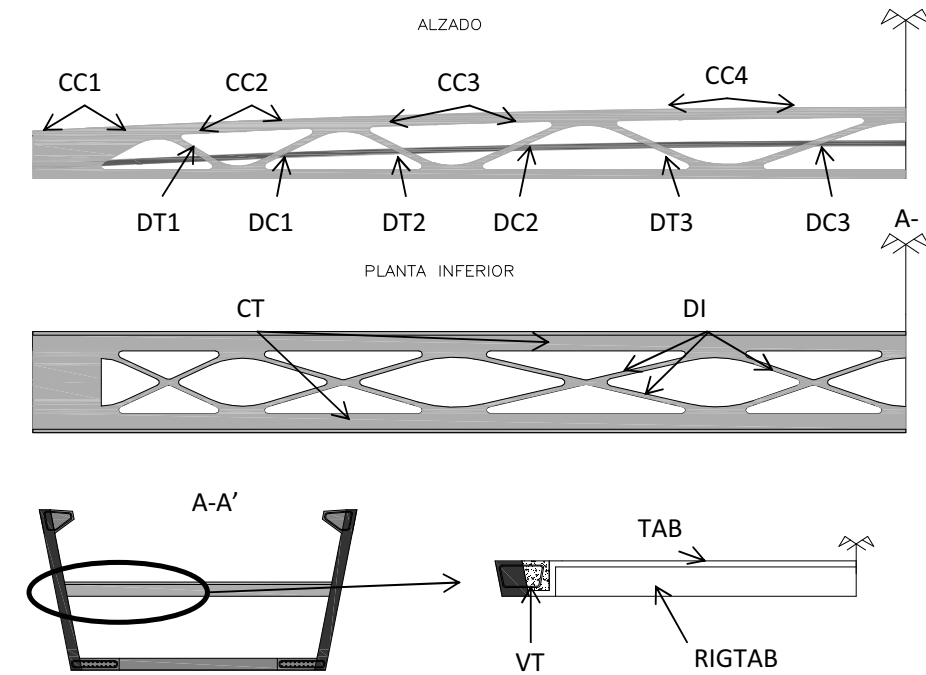
A continuación se describen los cálculos justificativos para el dimensionamiento y comprobación de la seguridad estructural y de los requisitos de durabilidad y confort en servicio de la pasarela.

1.1 Definición geométrica de la pasarela

La pasarela está constituida por numerosos elementos con diferentes geometrías, secciones y armado. Para esclarecer el cálculo y comprobación de los elementos se muestra la siguiente figura, en la que se pueden observar los distintos elementos que componen la pasarela y la designación que se le ha dado a cada uno de los elementos que la componen.

Su significado se describe a continuación:

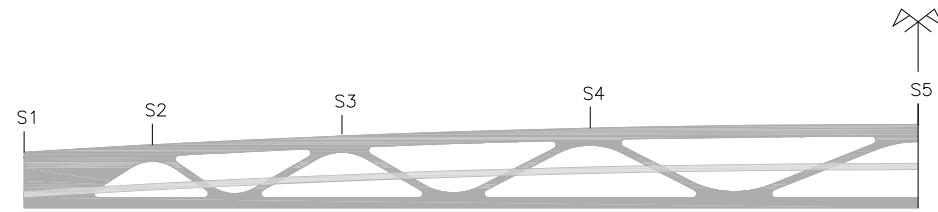
- **Cci** : cordón comprimido número i. Geometría variable entre cada nudo.
- **Ct**: cordón traccionado. Geometría y armado constante en toda la pasarela.
- **Dti**: Diagonal traccionada número i, su longitud varía a lo largo de la pasarela
- **Dci**: Diagonal comprimida número i, longitud variable a lo largo de la pasarela
- **DI**: Diagonal de la triangulación inferior. Todos los elementos que la componen tienen las mismas características.
- **TAB**: Superficie por la que transitan los peatones
- **VTAB**: Viga lateral de apoyo del tablero en las celosías
- **RIGTAB**: Elementos de rigidización transversal del tablero



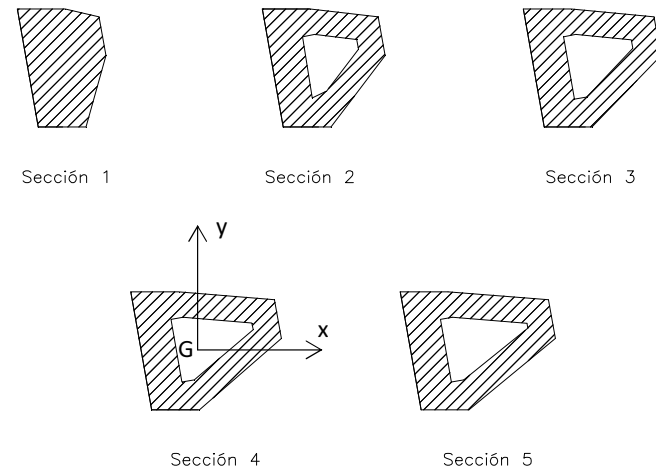
Designación de los elementos de la pasarela

1.1.1 Cordón comprimido (CC)

El cordón comprimido tiene una sección variable a lo largo de la longitud de la pasarela. Conforme nos acercamos a centro luz, su inercia tanto vertical como transversal se hace mayor. En la siguiente figura se muestran las secciones del CC en los nudos de encuentro con las diagonales. Su variación entre los nudos es lineal. El aligeramiento se mantiene constante a lo largo de toda la longitud entre nudos, siendo el correspondiente a la sección más cercana al apoyo.



Secciones de cambio de geometría en el cordón superior



Geometría del cordón superior en cada sección

Las medidas del cordón inferior pueden consultarse en el documento "Planos"

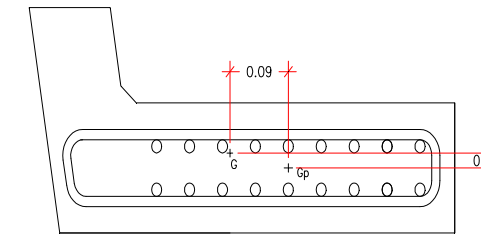
Aunque el cordón se proyecta como variable a lo largo de la longitud entre secciones, para el cálculo se considera que en cada tramo la sección del cordón es uniforme e igual al de la sección anterior. De tal forma, que el cordón CCi tiene la sección transversal de la Sección i, para los valores de "i" desde 1 hasta 4. Las propiedades geométricas utilizadas para las diferentes secciones se muestran en la siguiente tabla.

Sección	A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	i _x (cm)	i _y (cm)	L	λ _x	λ _y
1	530.5	36372	15271	8.28	5.37	3.25	-	-
2	563.0	42952	37680	8.73	8.18	4.75	54.41	58.07
3	601.7	45913	52586	8.74	9.35	6.25	71.51	65.60
4	642.4	48832	69169	8.72	10.38	8.25	94.61	79.47

Características geométricas y mecánicas de los cordones comprimidos

1.1.2 Cordón Traccionado (CT)

El cordón traccionado mantiene su sección uniforme a lo largo de toda la estructura. Su geometría se muestra en la siguiente figura. Además, se muestran las propiedades mecánicas del cordón así como la posición de los cables de armadura activa.



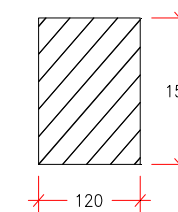
Geometría del cordón inferior

Sección	A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	e _{px} (cm)	e _{py} (cm)
CT	1057	38458	375575	8.9	1.7

Características geométricas y mecánicas del cordón traccionado

1.1.3 Diagonal Comprimida (DC)

Las diagonales comprimidas tienen la misma sección transversal aunque difieren en su longitud. Poseen una sección rectangular de 0.15 m en el plano de la celosía y de 0.12 m en el plano transversal a la misma. Su sección y características mecánicas se muestran a continuación.



Geometría de la diagonal comprimida

Sección	A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	i _x (cm)	i _y (cm)	L	λ _x	λ _y
1	180	3375	2160	4.33	3.46	1.56	36.03	45.09
2	180	3375	2160	4.33	3.46	1.86	42.96	53.76
3	180	3375	2160	4.33	3.46	2.87	66.28	82.94

Características geométricas y mecánicas de las diagonales comprimidas

1.1.4 Diagonal Traccionada (DT)

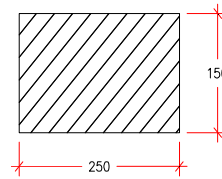
Las diagonales traccionadas tienen la misma sección que las diagonales comprimidas, a excepción de la diagonal traccionada DT-1 que tiene una sección de 120x200mm

1.1.5 Diagonal de la triangulación inferior (DI)

Posee la misma sección transversal y propiedades que las diagonales traccionadas (DT) y las comprimidas (DC).

1.1.6 Viga lateral de apoyo del tablero en la celosía (VTAB)

La viga lateral de apoyo del tablero tiene una canto total de 0.15 m y un ancho de 0.25 m. Se trata de una viga continua, con una luz máxima de 4.6 metros entre apoyos. Su sección es rectangular tal y como se muestra en la siguiente figura. Las características mecánicas se encuentran en la siguiente tabla.



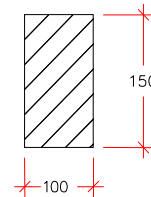
Geometría de la viga lateral de apoyo del tablero

A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)
375	7031	19531

Características geométricas y mecánicas de la viga lateral de apoyo del tablero

1.1.7 Rigidización transversal del tablero (RIGTAB)

Los elementos que sirven para rigidizar el tablero son rectangulares con una sección de 0.15 m de ancho y 0.08 m de canto. Se encuentran espaciados cada 1.6 metros y siempre uno de ellos se ubica en la zona de unión de la viga lateral del tablero con la triangulación.



Geometría de los rigidizadores transversales del tablero

A(cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)
150	2812	1250

Características geométricas y mecánicas de los rigidizadores del tablero

1.1.8 Tablero (TAB)

El tablero forma parte de la propia estructura además de servir de capa de rodadura. El espesor propuesto para el tablero es de 3 cm.

1.2 Normativas y recomendaciones para el cálculo

El uso del HMARF se encuentra actualmente limitado debido a la falta de normativa aceptada por la comunidad que permita optimizar las posibilidades de este nuevo material. El estudio del material y la aplicación estructural desarrollados en el presente proyecto se basan en las disposiciones de la EHE-08 y a las "Recomendaciones Provisionales" francesas, aunque se conoce la existencia de otros documentos del RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures), FIB (Fédération Internationale du Béton), DAfSTB (Comité Aleman para el Hormigón Armado), entre otros.

Recomendaciones Francesas para HMARF son el primer y principal documento, redactado por el AFGC (Asociación Francesa de Ingenieros Civiles) y la SETRA (Agencia Gubernamental Francesa de Tráfico y Carreteras). Se trata de un grupo de diferentes organizaciones públicas y privadas que trabajan en el desarrollo de estos nuevos materiales.

Por su parte, la "Instrucción de Hormigón Estructural" hace referencia a los hormigones con fibras en su Anejo nº14, en el que se considera el posible comportamiento de endurecimiento por deformación al obtener la ley tensión-deformación a tracción. Es la única referencia oficial a materiales de este tipo, aunque el grado de desarrollo es inferior al de otros países de la U.E.

Conviene destacar el papel que este nuevo material puede representar en la modernización, conservación y reparación de las estructuras construidas, debido a su elevada durabilidad y la posibilidad de utilizarlo en espesores reducidos con un pequeño peso propio.

Los modelos y recomendaciones que se describen a continuación consideran al HMARF como un material homogéneo. Para conseguir una mayor precisión para la aplicación concreta, debe modificarse la ley tensión-deformación en función de la dirección de las cargas, ya que la orientación de las fibras es un factor que afecta directamente a la capacidad del elemento para soportar los esfuerzos.

Para la redacción del presente proyecto se han considerado las siguientes normativas y recomendaciones:

- EHE-08
- Recomendaciones de la AFGC
- IAP-2011
- NCSP-07
- EC-2

1.3 Características de los materiales

1.3.1 Hormigón

Los parámetros elásticos del hormigón que se han considerado aparecen en la Tabla 1.1.

Parámetros elásticos	
E _{c28}	44000 MPa
E _{c7}	40000 MPa
ν	0.2

Tabla 1: Parámetros elásticos del hormigón

Los parámetros mecánicos del hormigón a 7 días (edad elegida para la transferencia del pretensado) y a 28 días se muestran en la Tabla 2. La notación de los diferentes parámetros se corresponde con los indicados en la Figura 1-1.

	7 d	28 d	Ud.
f_{ck}	110	150	MPa
ϵ_{ck}	0.0035	0.0035	-
ϵ_{celk}	0.00234	0.0029	-
f_{tk}	7.5	10	MPa
ϵ_{tk}	0.0001111	0.0001111	-
f_{tek}	8	11	MPa
ϵ_{tek}	-	-	-
f_{tuk}	0	0	MPa
ϵ_u	-	-	-

Tabla 2: Parámetros mecánicos del hormigón

Según la recomendación de la AFGC para hormigones de alto rendimiento, los parámetros ϵ_{tek} y ϵ_u se obtienen según el canto del elemento "h" y "L_f" la longitud de la fibra más larga con las fórmulas siguientes:

$$\epsilon_{tek} = \frac{0.0015}{h} + \frac{f_{tk}}{E_c} \quad \epsilon_u = \frac{3L_f}{8h}$$

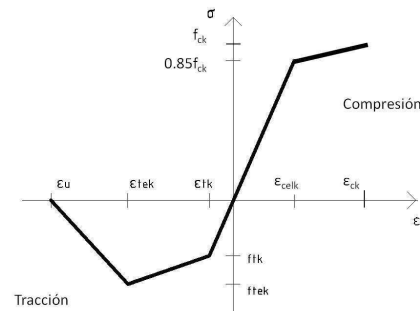


Figura 1-1: Curva constitutiva característica del hormigón

El coeficiente de dilatación térmica del hormigón se toma igual a $1, \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

1.3.2 Armadura pasiva

Se emplea acero B500SD como armadura pasiva. Se considera un módulo de elasticidad de 200000 MPa y un límite elástico de 500 MPa siguiendo los criterios de la EHE-08. En rotura, se admite una deformación máxima del 10%.

1.3.3 Armadura activa

Los cordones utilizados como armadura activa son de acero tipo Y 1860 S7. El módulo de elasticidad considerado ha sido de 190000 MPa. El límite elástico considerado ha sido del 88% de la carga unitaria de rotura del acero. De esta forma, la carga unitaria de rotura es 1860 MPa y el límite elástico 1636.8 MPa. Los cordones tienen un diámetro nominal de 15.2 mm (0.6") y un área de 150 mm².

1.4 Coeficientes de seguridad

Los coeficientes de seguridad adoptados para las acciones, de acuerdo con la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera" (IAP-11) son:

Estados Límite Últimos (ELU)

Acción	Efecto	
	Favorable	Desfavorable
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0 / 1,35
	Carga muerta	1,0 / 1,35
	Pretensado P _i	1,0 / 1,0 ⁽¹⁾ / 1,3 ⁽²⁾
Permanente de valor no constante (G')	Reológicas	1,0 ⁽³⁾ / 1,35
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0 / 1,35
	Acciones climáticas	0 / 1,5

(1) El coeficiente $\gamma_{G1} = 1,2$ será de aplicación al pretensado P_i en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a tasar.
(2) El coeficiente $\gamma_{G2} = 1,3$ se aplicará al pretensado P_i en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.

Estados Límite Servicio (ELS)

Tipo de acción	Situación persistente o transitoria		
	Favorable	Desfavorable	
Permanente	1.00	1.00	
Permanente de valor no	Pretensado	0.95	1.05
	Reológica	1.00	1.00
Variable	0.00	1.00	

Los coeficientes de seguridad adoptados para los materiales son los siguientes:

Material	ELU Pers/Trans	ELU Accidental	ELS
Hormigón	1.50 (Compresión) 1.30 (Tracción)	1.30	1.0
Acero en armaduras pasivas	1.15	1.00	1.0
Acero en armaduras activas	1.15	1.00	1.0

Los coeficientes adoptados para la definición de los valores representativos "de combinación", "frecuente" y "cuasipermanente", de las acciones variables son:

Acción	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	
Sobrecarga de uso	gr 1. Cargas verticales			
	Sobrecarga de uso en pasarelas	0,4	0,4	0
Viento	F _{wk}			
	En pasarelas	0,3	0,2	0
Acción térmica	T _k	0,6	0,6	0,5
Nieve	Q _{0,k}	0,8	0	0
Acción del agua	W _k			
Sobrecargas de construcción				

1.5 Acciones consideradas

Para el análisis de la pasarela se han considerado las acciones características especificadas en la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera IAP-11" según se indica a continuación.

1.5.1 Acciones permanentes

1.5.1.1 Peso propio

El peso propio se aplica a cada uno de los elementos en función de su área. Se considera un peso específico para el hormigón incluyendo las armaduras de 25 KN/m^3 .

1.5.1.2 Carga muerta

Como consecuencia del paso de servicios que se prevé en el cordón inferior, se ha aplicado en uno de ellos una carga muerta de 0.2 KN/m uniformemente distribuida en toda su longitud

1.5.1.3 Pavimento

El pavimento es parte integrante de la estructura y su acción queda incluida dentro de la acción de peso propio.

1.5.1.4 Barandilla

La barandilla es parte integrante de la estructura y su acción queda incluida dentro de la acción de peso propio.

1.5.2 Acciones permanentes de valor no constante

Estas acciones son debidas a los efectos de retracción y fluencia. Sus valores se han extraído de la Recomendación de la AFGC.

1.5.2.1 Retracción

La retracción en el HMAR es fundamentalmente autógena. El valor que propone la recomendación de la AFGC para el valor de retracción final es del 0.525 por mil. En este proyecto se establece en un 0.3 por mil a los 7 días y en un 0.9 por mil a tiempo final. Se ha optado por un valor superior para la retracción final tras consulta de estudios llevados a cabo por diversos autores sobre la materia.

1.5.2.2 Fluencia

El valor del coeficiente de fluencia a tiempo infinito del HMAR, considerando que la transferencia del pretensado es a los 7 días del hormigonado, se toma igual a 1.57.

1.5.3 Pretensado

La pasarela contiene un total de 36 cordones Y 1860 S7. Se trata de un conjunto de armaduras activas pretensas, que se tesan a una tensión del 70% de la carga unitaria de rotura (1302 MPa), dando lugar a una fuerza de pretensado de 3515.4 KN por cada uno de los cordones. Para el cálculo de las pérdidas diferidas de pretensado se han utilizado los siguientes coeficientes:

Retracción final $\epsilon_{cs}=0.0009$

Fluencia final: $\phi = 1.57$

Relajación final: $\rho_r = 0.0073$

Para el cálculo de las pérdidas de pretensado hasta la transferencia se han estimado en base a los datos procedentes de una empresa prefabricadora que recientemente ha experimentado ya con piezas pretensadas de hormigón de muy alta resistencia. Se va suponer que la transferencia del pretensado se produce a los 7 días del hormigonado.

1.5.4 Acciones variables

Se incluyen dentro de este apartado la sobrecarga de uso, las acciones debido al viento y las acciones climáticas (viento, nieve y temperatura).

1.5.4.1 Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso característica que propone la norma IAP-11 es una sobrecarga uniforme de 5 KN/m^2 aplicada sobre el tablero actuando en todas las formas posibles. Esta se ha considerado actuando en la totalidad del tablero o en cada una de las mitades del mismo.

Además de la sobrecarga de uso vertical, es necesario añadir una sobrecarga horizontal de valor el 10% de la carga vertical, es decir una sobrecarga horizontal aplicada en el tablero de 0.5 KN/m^2 .

Se añade, además, una sobrecarga uniforme que actúa de manera simultánea a las anteriores en la barandilla en una dirección perpendicular a su longitud y de valor 1.5 KN/m .

La comprobación local a punzonamiento del tablero exige resistir una carga de 10 KN repartida en una superficie de $0.1 \times 0.1 \text{ m}^2$.

1.5.4.2 Acciones climáticas

1.5.4.2.1 Viento

Según la normativa IAP-2011, para acciones persistentes y transitorias se toma un período de retorno de 100 años. Para este período de retorno y teniendo en cuenta que la estructura está en Alicante, la velocidad básica para el citado período de retorno es de 28.03 m/s .

Para el cálculo del empuje del viento, la IAP-2011 distingue entre tableros de alma llena y tableros en celosía (4.2.5.1.1.). En nuestro caso, podemos asumir un tablero combinación de ambos, ya que aunque en el alzado se muestra un tablero tipo celosía, la parte que se encuentra por encima del tablero se encuentra cerrada y por tanto actúa como tablero de alma llena.

Además, se ha tenido en cuenta el viento vertical, concomitante con el viento transversal a la pasarela que actúa principalmente sobre el tablero y sobre la celosía inferior.

Para obtener el momento de vuelco que genera el viento actuando sobre la pasarela se ha seguido el apartado 4.2.5.1.3 de la IAP-11. En la parte que queda por encima del tablero se ha considerado un punto de aplicación de la carga situado al 60% desde la base hasta el cordón superior, en el caso de que el viento actúe solo, o hasta una altura de 1.25 m en caso de que

actúe la sobrecarga. Para el caso del empuje vertical, el centro de gravedad se ha localizado a un cuarto del borde de barlovento.

A continuación se describe cómo se aplica la acción del viento a las distintas partes que conforman la pasarela.

- **VHPS:** Viento transversal actuando por encima de la línea de tablero. Este viento se reparte entre el cordón superior y el tablero, según los criterios de 4.2.5.1.3 explicados en el párrafo anterior
- **VHCI:** Viento transversal actuando en el cordón inferior de la pasarela
- **VVT:** Viento vertical actuando sobre el tablero. Su empuje se distribuye en las vigas laterales del tablero según los criterios de 4.2.5.1.3 de la IAP-11 explicados en el párrafo anterior.
- **VVTI:** Viento vertical actuando en la triangulación inferior y en el cordón inferior.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de las fuerzas que genera el viento en cada uno de los elementos considerados. Se muestra la altura respecto al fondo de la entrada del río (Z), el coeficiente de ocultación (η), el coeficiente de fuerza (cf), el coeficiente de exposición (ce) y el factor de turbulencia (kl).

VHTI				
Barlovento			Sotavento	
Fw	32.35	kN	Fw	22.64 kN
ρ	1.25	kg/m ³	ρ	1.25 kg/m ³
vb ² (t)	786.18	m ² /s ²	vb ² (t)	786.18 m ² /s ²
ce	3.25	-	ce	3.25 -
cf	1.8	-	cf	1.8 -
Aref	11.25	m ²	Aref	11.25 m ²
kl	1	-	kl	1 -
η	1	-	η	0.7 -
Z	7.3	m	Z	7.3 m
VHPS				
Barlovento			Sotavento	
Fw	168.43	kN	Fw	58.29 kN
ρ	1.25	kg/m ³	ρ	1.25 kg/m ³
vb ² (t)	786.18	m ² /s ²	vb ² (t)	786.18 m ² /s ²
ce	3.42	-	ce	3.42 -
cf	1.78	-	cf	2.2 -
Aref	56.25	m ²	Aref	56.25 m ²
kl	1	-	kl	1 -
η	1	-	η	0.28 -
Z	9.5	m	Z	9.5 m
B	3			

VVT				
Barlovento			Sotavento	
Fw	0	kN	Fw	52.75 kN
ρ	1.25	kg/m ³	ρ	1.25 kg/m ³
vb ² (t)	786.18	m ² /s ²	vb ² (t)	786.18 m ² /s ²
ce	3.31	-	ce	3.31 -
cf	0	-	cf	0.9 -
Aref	144	m ²	Aref	144 m ²
kl	1	-	kl	1 -
η	1	-	η	0.25 -
Z	8.033	m	Z	8.033 m
VVTI				
Barlovento			Sotavento	
Fw	0.17	kN	Fw	0 kN
ρ	1.25	kg/m ³	ρ	1.25 kg/m ³
vb ² (t)	786.18	m ² /s ²	vb ² (t)	786.18 m ² /s ²
ce	3.24	-	ce	3.24 -
cf	0.9	-	cf	0.9 -
Aref	0.12	m ²	Aref	0.12 m ²
kl	1	-	kl	1 -
η	1	-	η	0 -
Z	7.2	m	Z	7.2 m

Tabla 3: Empuje del viento en los elementos de la pasarela

1.5.4.2.2 Efectos aerolásticos

No se tienen en cuenta los efectos aerolásticos en este diseño ya que según el apartado 4.2.9.1 de la IAP-11 se cumplen los requisitos para ello, que son:

- Luz inferior a 80 metros (en nuestro caso 43.5 m)
- Frecuencia de flexión vertical mayor de 2 Hz. (en nuestro caso 2.2 Hz)

1.5.4.2.3 Acción térmica

Según el apartado 4.3.1 de la IAP-11 se trata de un tablero tipo 3 (Hormigón armado o pretensado). El rango máximo de temperaturas en Alicante se encuentra en 44-46 °C para un período de retorno de 50 años. Además, Alicante se encuentra en zona de clima invernal 5 a una altitud de 0 m, lo que da una temperatura mínima anual de -5 para un período de retorno de 50 años.

Si corregimos estos valores a un período de retorno máximo de 100 años, $T_{max,100}=47.8$ °C y $T_{min,100}=-5.6$ °C

La temperatura de cálculo se calcula asumiendo una temperatura media en fabricación de 15°C y unos incrementos de temperatura según la Tabla 4.3-b de la IAP-11 para tableros tipo 3 de $T_{e,min}=+8$ y $T_{e,max}=+1.5$. Para el dimensionamiento de los neoprenos se incrementa en +-15°C la componente de temperatura uniforme. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

	Valores diseño pasarela	Valores diseño neoprenos
ΔT_{max}	34.28	49.28
ΔT_{min}	-12.6	-27.6

Tabla 6: Valores característicos de temperatura

1.5.4.2.4 Nieve

La sobrecarga de nieve a considerar en Alicante, en una zona de clima invernal tipo 5 y a una altitud de 0 m sobre el nivel del mar es de 0.16 kN/m². La nieve no es concomitante con la sobrecarga en ninguna situación dando combinaciones mucho menos desfavorables que la propia sobrecarga. Por tanto, esta sobrecarga no se ha tenido en cuenta en los cálculos a efectos prácticos.

1.5.4.3 Acción sísmica

La acción sísmica se considera en el proyecto siguiendo las prescripciones establecidas por la normativa NSCP-07. Para tenerla en cuenta se obtiene el espectro de respuesta elástica según las indicaciones de esta norma.

En primer lugar, el terreno en el que se ubica la pasarela se considera terreno tipo III, por lo que la constante C=1.6.

Según la normativa, el sismo se debe tener en cuenta en estado límite último para un período de retorno de 500 años, asegurando que la estructura no colapsa. Además, se debe tener en cuenta para un período de retorno de 100 años (combinación frecuente) y garantizar que no se produce ningún tipo de daño en la pasarela. Para un período de retorno de 500 años el coeficiente adimensional de riesgo “p” es 1, mientras que para uno de 100 años el coeficiente p=0.5253. Además, el coeficiente de amortiguamiento considerado varía según la combinación última o frecuente. Para la combinación última se utiliza un coeficiente de amortiguamiento del 5% mientras que para la frecuente, uno del 3%.

En la zona de Alicante, a_b/g=0.14, con un coeficiente de contribución k=1.0, según el Anejo 1 figura 3.1 de la NSCP-07.

Por otro lado, el coeficiente amplificador del terreno S, toma un valor u otro según el producto “p·a_b”. Para el caso del sismo último S=1.24 mientras que para el sismo frecuente S=1.28.

La aceleración de cálculo es para el sismo último de 1.71 m/s² mientras que para el sismo frecuente de 0,92 m/s²

$$a_c = a_b \cdot S \cdot \rho$$

$$0 \leq T \leq T_A: S_a(T) = \left[1 + \frac{T}{T_A} (2,5 v - 1) \right] a_c$$

$$T_A \leq T \leq T_B: S_a(T) = 2,5 v a_c$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_a(T) = 2,5 v \frac{T_B}{T} a_c$$

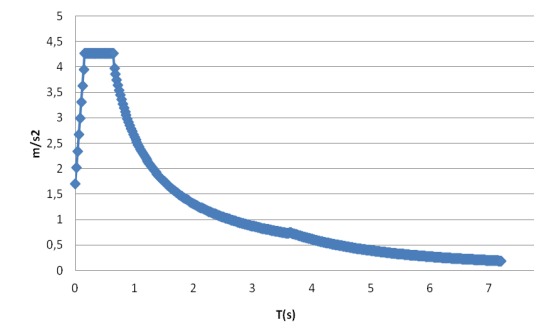
$$T_C \leq T: S_a(T) = 2,5 v \frac{T_B T_C}{T^2} a_c$$

Sismo último de cálculo	Sismo frecuente de cálculo Sismo de construcción
T _A = K C / 10	T _A = K C / 20
T _B = K C / 2,5	T _B = K C / 5
T _C = K (2 + C)	T _C = K (1 + 0,5 C)

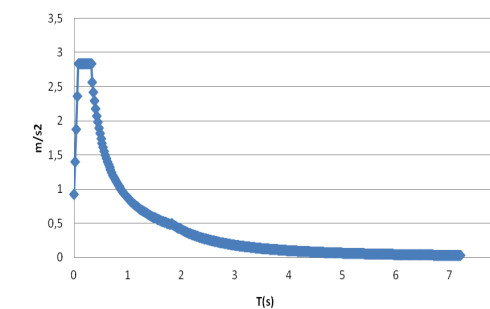
Espectro elástico de respuesta para el sismo último y el frecuente

A continuación se muestran los espectros elásticos para el sismo último y para el sismo frecuente.

Sismo último:



Sismo frecuente:



El sismo frecuente no es necesario calcularlo si para el sismo último se garantiza ya un comportamiento esencialmente elástico de la estructura

El espectro de respuesta en la dirección vertical se considera el 70% del horizontal. El índice de comportamiento (q) en cada una de las direcciones que amplifica el espectro se toma como 1.

Es necesario comprobar que para los modos de vibración con una frecuencia inferior a 30,3 Hz se movilizan al menos el 90% de la masa. Si se moviliza entre un 70% y un 90% es aceptable el

cálculo pero es necesario realizar una amplificación de los efectos finales del sismo por un coeficiente α que se obtiene siguiendo la formulación siguiente:

$$\alpha = \frac{41 - 30\%m}{14}, \text{ siendo } \%m \text{ el porcentaje de masa movilizado}$$

Debido a que el sismo actúa en los tres ejes, es necesario definir una combinación de ellos para obtener los esfuerzos finales. La norma NSCP-07 propone el siguiente esquema de combinación:

$$\text{SISMO1} = X + 0.3Y + 0.3Z$$

$$\text{SISMO2} = 0.3X + Y + 0.3Z$$

$$\text{SISMO3} = 0.3X + 0.3Y + Z$$

Se ha elegido el método CQC para la combinación de las respuestas modales.

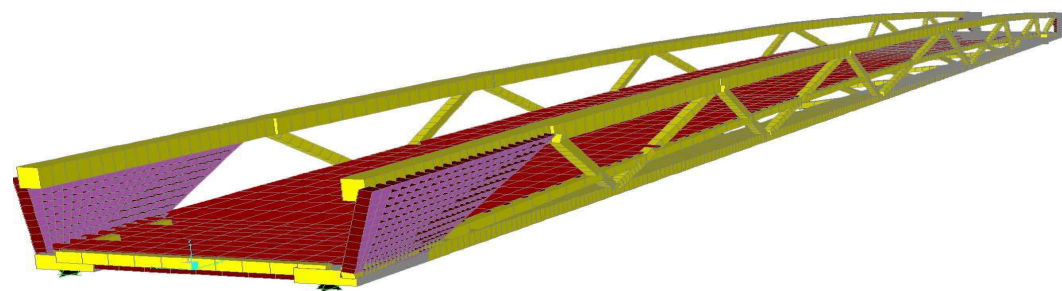
1.6 Análisis estructural

1.6.1 Idealización de la estructura

La estructura se ha idealizado mediante un modelo de elementos finitos en el programa SAP2000 que incluye tanto elementos tipo barra como elementos superficiales tipo placa.

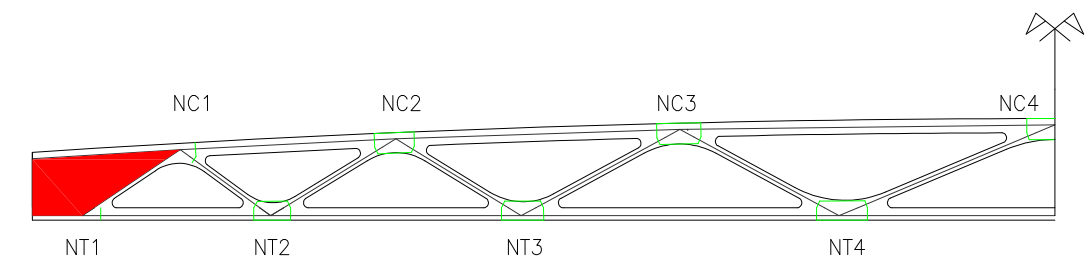
El modelo introducido en SAP2000 se puede ver en la siguiente figura. La estructura se considera biapoyada y se han introducido las coacciones que introducen los neoprenos de apoyo como elementos lineales tipo muelle con el objetivo de tener el comportamiento más realista posible de la estructura.

La zona de apoyos y la parte superior del tablero se han modelado como elementos tipo placa (SHELL) con su espesor correspondiente. El resto de los elementos se ha modelado con elementos finitos tipo barra (FRAME). El esquema del modelo realizado se puede observar en la siguiente figura. Las barras se han subdividido en un número suficiente de segmentos para poder captar los efectos P- Δ de la estructura de barras.

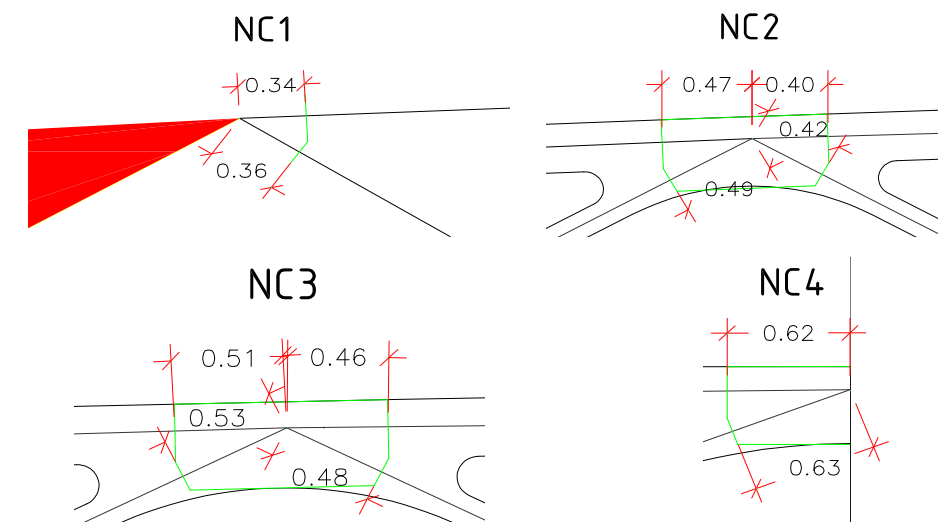


Modelo de elementos finitos de la pasarela

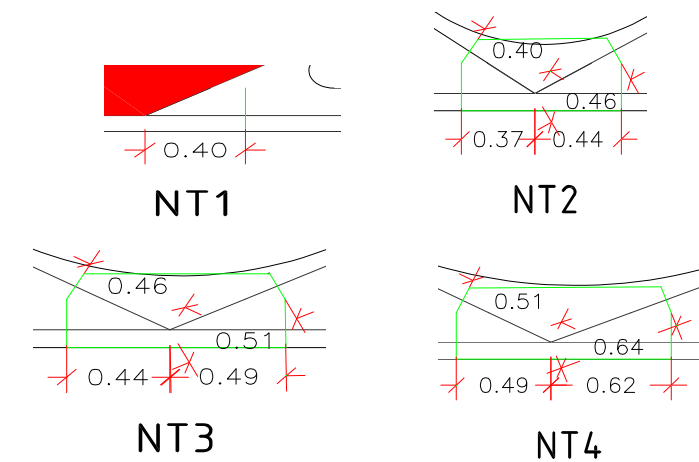
Además, dada la geometría singular de las celosías, los nudos de la estructura se han considerado en el modelo como nudos rígidos de dimensión finita según se puede observar en las figuras siguientes:



Nudos de dimensión finita (I)



Nudos de dimensión finita (II)



Nudos de dimensión finita (III)

1.6.2 Casos de carga

Se han considerado los siguientes casos de carga en función de las acciones definidas en el apartado 1.5.

DEAD: peso propio de todos los elementos que conforman la pasarela. Esta acción la genera automáticamente el programa SAP 2000 proporcionando las características mecánicas de todos los elementos

CM: acción de la carga muerta sobre uno de los dos cordones inferiores

PRET: acción equivalente de pretensado a tiempo inicial

PRET*: acción equivalente de pretensado a tiempo final

SC: sobrecarga de uso actuando en la totalidad del tablero

SC2: sobrecarga de uso en la mitad del tablero en el mismo lado de la aplicación de la CM

SC3: sobrecarga de uso en la mitad del tablero contraria al lado de aplicación de la CM

Se han agrupado todas las acciones de viento definidas en el apartado 1.5.4.2.1. Todas aquellas que tienen componente horizontal se agrupan bajo el caso de carga **VH**, mientras que las acciones que dan componente vertical se denominan **VV**. En este último caso pueden actuar en dos sentidos, en la dirección de la gravedad, caso de carga **VV+**, y en la dirección opuesta, caso de carga **VV-**.

T+ : caso que contempla la situación con la temperatura máxima

T- : caso que contempla la situación con la temperatura mínima

SISMO1: sismo actuando según el eje longitudinal de la pasarela (X)

SISMO2: sismo actuando en la dirección transversal al eje longitudinal de la pasarela (Y)

SISMO3: sismo actuando en la dirección vertical a la pasarela (Z)

1.6.3 Hipótesis de combinación de acciones

Las tablas que aparecen a continuación responden a las diferentes combinaciones de acciones que contempla la Instrucción IAP-2011 de acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.

1.6.3.1 Estados Límite Último

Para la situación persistente o transitoria las hipótesis de combinación de acciones se llevan a cabo según la siguiente expresión:

$$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m=1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- $G_{k,j}$ valor característico de cada acción permanente
- $G_{k,m}^*$ valor característico de cada acción permanente de valor no constante
- $Q_{k,1}$ valor característico de la acción variable dominante
- $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante
- $\gamma_G \gamma_Q$ coeficientes parciales

Las hipótesis de combinación de acciones que se han contemplado en el cálculo de esta estructura han sido las siguientes:

DEAD	CM	PRET	PRET*	SC	SC1	SC2	VH	VV+	VV-	T+	T-
1.35	1.35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.35	1.35	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1.35	1.35	1	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0
1.35	1.35	1	0	1.35	0	0	0.45	0.45	0	0	0
1.35	1.35	1	0	1.35	0	0	0.45	0	0.45	0	0
1.35	1.35	1	0	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0
1.35	1.35	1	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0.9
1.35	1.35	0	1	1.35	0	0	0	0	0	0	0
1.35	1.35	0	1	1.35	0	0	0.45	0.45	0	0	0
1.35	1.35	0	1	1.35	0	0	0.45	0	0.45	0	0
1.35	1.35	0	1	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0
1.35	1.35	0	1	1.35	0	0	0	0	0	0	0.9
1.35	1.35	1	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0
1.35	1.35	1	0	0	1.35	0	0.45	0.45	0	0	0
1.35	1.35	1	0	0	1.35	0	0.45	0	0.45	0	0
1.35	1.35	1	0	0	1.35	0	0	0	0	0.9	0
1.35	1.35	1	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0.9
1.35	1.35	0	1	0	1.35	0	0	0	0	0	0
1.35	1.35	0	1	0	1.35	0	0.45	0.45	0	0	0

1.35	1.35	0	1	0	1.35	0	0.45	0	0.45	0	0
1.35	1.35	0	1	0	1.35	0	0	0	0	0.9	0
1.35	1.35	0	1	0	1.35	0	0	0	0	0	0.9
1.35	1.35	1	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0
1.35	1.35	1	0	0	0	1.35	0.45	0.45	0	0	0
1.35	1.35	1	0	0	0	1.35	0.45	0	0.45	0	0
1.35	1.35	1	0	0	0	1.35	0	0	0	0.9	0
1.35	1.35	1	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0.9
1.35	1.35	0	1	0	0	1.35	0	0	0	0	0
1.35	1.35	0	1	0	0	1.35	0.45	0.45	0	0	0
1.35	1.35	0	1	0	0	1.35	0.45	0	0.45	0	0
1.35	1.35	0	1	0	0	1.35	0	0	0	0.9	0
1.35	1.35	0	1	0	0	1.35	0	0	0	0	0.9
1.35	1.35	1	0	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0
1.35	1.35	1	0	0	0	0	1.5	0	1.5	0	0
1.35	1.35	1	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
1.35	1.35	0	1	0	0	0	1.5	1.5	0	0	0
1.35	1.35	0	1	0	0	0	1.5	0	1.5	0	0
1.35	1.35	0	1	0	0	0	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	1	0	0.54	0	0	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	1	0	0	0.54	0	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	1	0	0	0.54	0	0	0	0	0	1.5
1.35	1.35	1	0	0	0	0.54	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	1	0	0	0	0.54	0	0	0	0	1.5
1.35	1.35	1	0	0	0	0.54	0	0	0	0	1.5

1.35	1.35	0	1	0.54	0	0	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	0	1	0.54	0	0	0	0	0	0	1.5
1.35	1.35	0	1	0	0.54	0	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	0	1	0	0.54	0	0	0	0	0	1.5
1.35	1.35	0	1	0	0	0.54	0	0	0	1.5	0
1.35	1.35	0	1	0	0	0.54	0	0	0	0	1.5
ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE EQUILIBRIO											
0.9	1.1	0	0.9	0	1.35	0	0.45	0	0.45	0	0
0.9	1.1	0	0.9	0	0	0	1.5	0	1.5	0	0

En el caso de la situación sísmica, la combinación de acciones que propone la IAP-2011 se muestra a continuación:

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + \sum_{m=1} G_{k,m}^* + \psi_{2,1} Q_{k,1} + A_{Ed}$$

donde:

- $G_{k,j}$ valor representativo de cada acción permanente
- $G_{k,m}^*$ valor representativo de cada acción permanente de valor no constante
- $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ valor casi-permanente de la sobrecarga de uso (según tabla 6.1-a)
- A_{Ed} valor de cálculo de la acción sísmica

Para la situación sísmica las hipótesis consideradas en esta estructura han sido:

DEAD	CM	PRET	PRET*	SISMO1	SISMO2	SISMO3	T+	T-
1	1	1	0	±1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	±1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	±1	0	0
1	1	0	1	±1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	±1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	±1	0	0
1	1	1	0	±1	0	0	0.75	0
1	1	1	0	0	±1	0	0.75	0

1	1	1	0	0	0	±1	0.75	0
1	1	1	0	±1	0	0	0	0.75
1	1	1	0	0	±1	0	0	0.75
1	1	1	0	0	0	±1	0	0.75
1	1	0	1	±1	0	0	0.75	0
1	1	0	1	0	±1	0	0.75	0
1	1	0	1	±1	0	0	0	0.75
1	1	0	1	0	±1	0	0	0.75
1	1	0	1	0	0	±1	0	0.75

1.6.3.2 Estados Límite Servicio

1.6.3.3 Combinación característica

Para la combinación característica, la IAP-2011 propone la siguiente hipótesis de combinación de acciones:

$$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m=2} \gamma_{G,m} G_{k,m} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$$

Las hipótesis de combinación de acciones características consideradas en esta estructura han sido las siguientes:

DEAD	CM	PRET	PRET*	SC	SC1	SC2	VH	VV+	VV-	T+	T-
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	1	0	0	0.3	0.3	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	1	0	0	0.3	0	0.3	0	0
1	1	1.05/0.95	0	1	0	0	0	0	0	0.6	0
1	1	1.05/0.95	0	1	0	0	0	0	0	0	0.6
1	1	0	1.05/0.95	1	0	0	0	0	0	0	0

1	1	0	1.05/0.95	1	0	0	0.3	0.3	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	1	0	0	0.3	0	0.3	0	0
1	1	0	1.05/0.95	1	0	0	0	0	0	0.6	0
1	1	0	1.05/0.95	1	0	0	0	0	0	0	0.6
1	1	1.05/0.95	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	1	0	0.3	0.3	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	1	0	0.3	0	0.3	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	1	0	0	0	0	0.6	0
1	1	1.05/0.95	0	0	1	0	0	0	0	0	0.6
1	1	0	1.05/0.95	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	1	0	0.3	0.3	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	1	0	0.3	0	0.3	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	1	0	0	0	0	0.6	0
1	1	0	1.05/0.95	0	1	0	0	0	0	0	0.6
1	1	1.05/0.95	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	1	0.3	0.3	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	1	0.3	0	0.3	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	1	0	0	0	0.6	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	1	0	0	0	0	0.6
1	1	0	1.05/0.95	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	1	0.3	0.3	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	1	0.3	0	0.3	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	1	0	0	0	0.6	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	1	0	0	0	0	0.6
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	1	1	0	0	0

1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	1	0	1	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0.	0	0	0	0	1	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	1	1	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	1	0	1	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0.	0	0	0	0	1	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	1	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	0	1
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0.4	0	0	0	1	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0.4	0	0	0	0	1
1	1	0	1.05/0.95	0.4	0	0	0	0	0	1	0
1	1	0	1.05/0.95	0.4	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	1	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	1
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	1	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	1

1.6.3.4 Combinación frecuente

Para la combinación frecuente, la IAP-2011 propone la siguiente combinación de acciones:

$$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m=1} \gamma_{G,m} G_{k,m} + \gamma_{Q,1} W_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} W_{2,i} Q_{k,i}$$

Las hipótesis de combinación de acciones frecuente consideradas en esta estructura han sido las siguientes:

DEAD	CM	PRET	PRET*	SC	SC1	SC2	VH	VV+	VV-	T+	T-
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	0.5	0
1	1	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0.5
1	1	0	1.05/0.95	0.4	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0.4	0	0	0	0	0	0.5	0
1	1	0	1.05/0.95	0.4	0	0	0	0	0	0	0.5
1	1	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	0.5	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0.5
1	1	0	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0.5	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0.4	0	0	0	0	0	0.5
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0.4	0	0	0	0.5	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0.5
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0.5	0

1	1	0	1.05/0.95	0	0	0.4	0	0	0	0	0.5
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0.	0	0	0	0	0.2	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0.	0	0	0	0	0.2	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0.6

1.6.3.5 Combinación casi-permanente

Para la combinación casi-permanente, la IAP-2011 propone la siguiente combinación de acciones:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

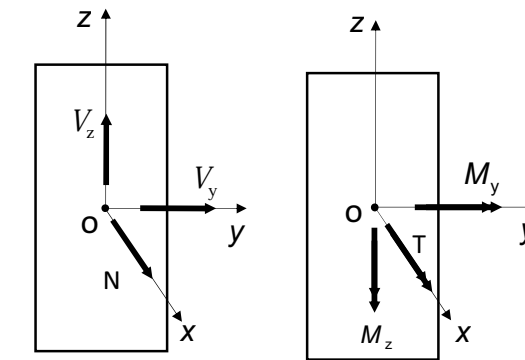
Las hipótesis de combinación de acciones casi-permanente consideradas en esta estructura han sido las siguientes:

DEAD	CM	PRET	PRET*	SC	SC1	SC2	VH	VV+	VV-	T+	T-
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0.	0	0	0	0	0.2	0
1	1	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
1	1	0	1.05/0.95	0	0.	0	0	0	0	0.2	0
1	1	0	1.05/0.95	0	0	0	0	0	0	0	0.6

1.6.4 Esfuerzos de cálculo

1.6.4.1 Criterio de signos

El criterio de signos que se ha empleado se muestra en la figura siguiente:

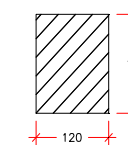


1.6.4.2 Esfuerzos en servicio

Se han obtenido todos los esfuerzos en ELS para todas las hipótesis de combinación de acciones. Los esfuerzos se han calculado para todos los elementos que componen la pasarela y en cada uno de ellos se han obtenido no solo esfuerzos en los extremos sino también a lo largo de todo el elemento. Por lo general, se generan en todos los elementos combinaciones de axil y de flexión biaxial, dada la singularidad de la estructura. Dado que el número de esfuerzos en ELS extendido a toda la estructura es muy elevado para su presentación en un documento escrito se ha optado por incluir sólo aquellos esfuerzos que han resultado ser los peores para los distintos elementos resistentes que componen la estructura. Se presentan exclusivamente esfuerzos derivados de combinación característica o "poco probable".

DIAGONALES COMPRIMIDAS (DC1, DC2 y DC3)

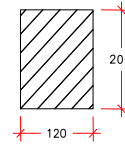
Sección transversal: b=120mm; h=150mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 20mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-DC-1	-413.653	0.477	-9.6108
ELS-DC-2	-52.933	-3.1796	-1.5668
ELS-DC-3	-160.876	7.9287	7.1412
ELS-DC-4	-112.149	-7.1122	2.0601
ELS-DC-5	-335.522	6.6513	9.1423
ELS-DC-6	-335.689	-5.124	-12.8341

DIAGONAL TRACCIONADA DT1

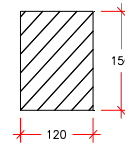
Sección transversal: b=120mm; h=200mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 20mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-DT1-1	29.524	1.4759	-8.7756
ELS-DT1-2	371.414	0.1945	-3.4856
ELS-DT1-3	126.519	10.8778	-0.0707
ELS-DT1-4	134.852	-9.058	1.599
ELS-DT1-5	321.209	-4.6766	8.8102
ELS-DT1-6	29.524	1.4759	-8.7756

DIAGONALES TRACCIONADAS (DT2 y DT3)

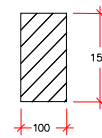
Sección transversal: b=120mm; h=150mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 20mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-DT23-1	22.104	10.3853	-1.0778
ELS-DT23-2	179.469	7.9125	1.3629
ELS-DT23-3	61.833	11.3189	-2.4771
ELS-DT23-4	72.199	-10.5212	3.9079
ELS-DT23-5	126.322	3.3289	4.4109
ELS-DT23-6	126.646	-2.8477	-5.4068

RIGIDIZACIÓN TRANSVERSAL DEL TABLERO (RIGTAB)

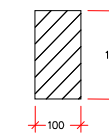
Sección transversal: b=100mm; h=150mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 10mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-RIGTAB-1	-23.037	0.0661	1.0488
ELS-RIGTAB-2	105.202	-0.095	-2.4295
ELS-RIGTAB-3	34.8	0.5518	0.4169
ELS-RIGTAB-4	28.665	-0.6939	0.9373
ELS-RIGTAB-5	29.4	-0.0664	1.6461
ELS-RIGTAB-6	80.709	-0.0231	-2.8408

TRIANGULACIÓN INFERIOR (DI)

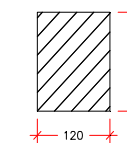
- Sección transversal: b=100mm; h=150mm
- Armadura pasiva: 4 redondos de 10mm
- Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-DI-1	-111.492	0.6675	3.551
ELS-DI-2	66.365	-0.0933	-1.356
ELS-DI-3	5.571	1.3568	1.3384
ELS-DI-4	5.571	-1.4441	-2.3814
ELS-DI-5	11.805	0.3029	3.9587
ELS-DI-6	15.781	-0.6532	-3.3314

NERVIO LONGITUDINAL DEL TABLERO (VTAB)

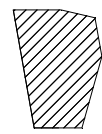
- Sección transversal: b=120mm; h=150mm
- Armadura pasiva: 4 redondos de 10mm
- Recubrimiento nominal: 20 mm



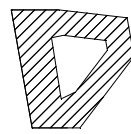
Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-VTAB-1	-668.193	5.7371	3.97
ELS-VTAB-2	-157.105	1.3744	-4.399
ELS-VTAB-3	-307.704	6.3227	2.8026
ELS-VTAB-4	-309.015	-6.3448	2.8062

ELS-VTAB-5	-394.927	0.1244	8.9435
ELS-VTAB-6	-283.268	-1.2474	-5.9573
ELS-VTAB-7	-424.052	2.675	8.6089

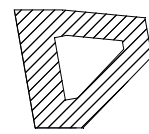
CORDÓN SUPERIOR (CC1, CC2, CC3 y CC4)



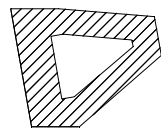
Sección 1



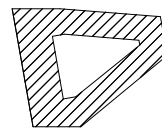
Sección 2



Sección 3



Sección 4



Sección 5

Tramo CC1

Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-CC1-1	-390.891	0.2456	9.6599
ELS-CC1-2	137.047	-1.5844	5.6866
ELS-CC1-3	-176.23	6.5352	13.8754
ELS-CC1-4	-173.692	-14.2546	31.0963
ELS-CC1-5	-233.835	-7.8132	34.0016
ELS-CC1-6	-267.072	1.8353	-5.8622
ELS-CC1-7	-147.623	-12.1384	33.7603

Tramo CC2

Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-CC2-1	-833.187	40.065	-9.8763
ELS-CC2-2	-95.555	-7.6441	9.7179

ELS-CC2-3	-803.574	40.8186	-11.8117
ELS-CC2-4	-803.347	-24.9776	1.7531
ELS-CC2-5	-169.898	5.7832	10.0853
ELS-CC2-6	-798.38	37.8743	-11.9091

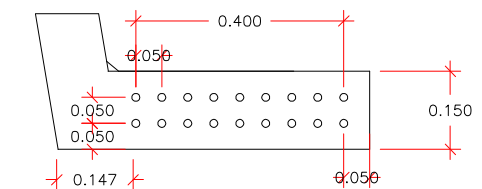
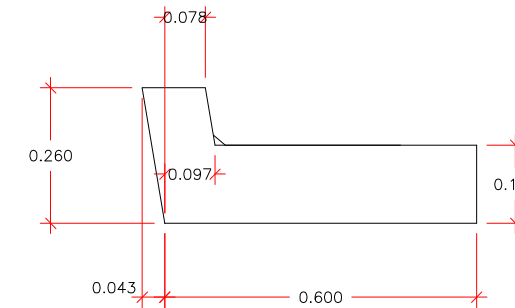
Tramo CC3

Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-CC3-1	-1352.928	23.7768	-1.2141
ELS-CC3-2	-247.61	-5.1918	8.8599
ELS-CC3-3	-1325.329	26.4958	-2.8073
ELS-CC3-4	-673.281	-16.008	2.392
ELS-CC3-5	-296.329	1.6276	11.4418
ELS-CC3-6	-1325.225	-1.5243	-9.4021

Tramo CC4

Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-CC4-1	-1651.467	14.7266	-4.3182
ELS-CC4-2	-334.793	-5.1612	12.4277
ELS-CC4-3	-1058.986	-10.1027	-5.6437
ELS-CC4-4	-1626.067	20.734	-5.0742
ELS-CC4-5	-363.391	-3.6252	16.4311
ELS-CC4-6	-1626.02	-5.8368	-14.8374

CORDÓN INFERIOR (CI)



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELS-T-Ini-01	738.382	5.4364	275.7235
ELS-T-Ini-02	2928.60126	29.7651	262.8895
ELS-T-Ini-03	1299.426	-80.5414	287.9755
ELS-T-Ini-04	1840.467	99.663	284.5294
ELS-T-Ini-05	1773.585	1.8313	295.8664
ELS-T-Ini-06	2398.997	23.1926	246.7935
ELS-T-Fin-01	-1476.276	7.7169	8.7413
ELS-T- Fin -02	510.88	6.2146	-18.2623
ELS-T- Fin -03	-915.246	-79.696	22.7832
ELS-T- Fin -04	-782.574	92.8372	18.5031
ELS-T- Fin -05	293.231	12.0931	-19.2047
ELS-T- Fin -06	-784.888	2.6606	30.1546

1.6.4.3 Esfuerzos en rotura

Se han obtenido todos los esfuerzos en ELU para todas las hipótesis de combinación de acciones. Se ha procedido de manera similar a la llevada a cabo para ELS y se ha optado por presentar sólo aquellos esfuerzos que han resultado ser los pésimos para los distintos elementos resistentes que componen la estructura.

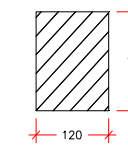
En el caso del análisis de segundo orden se ha observado que el único elemento en el que no son despreciables los efectos de inestabilidad es el cordón superior. Por este motivo, se incluyen en el listado de esfuerzos pésimos de los diferentes tramos del cordón comprimido los resultados derivados de los dos tipos de análisis.

El análisis de segundo orden se ha llevado a cabo mediante un método de amplificación de esfuerzos en el que se han reducido convenientemente las rigideces axil y de flexión en los dos planos de los elementos del cordón superior y de las diagonales según la sollicitación a la cual se encuentran sometido cada elemento. Con las características mecánicas corregidas se ha llevado a cabo un nuevo análisis de esfuerzos que ha arrojado unas amplificaciones de los valores de los momentos flectores y se ha comprobado que estas sollicitaciones son inferiores a los esfuerzos de agotamiento de cada una de las secciones.

A continuación se enumeran los esfuerzos por tipo de elemento:

DIAGONALES COMPRIMIDAS (DC1, DC2 y DC3)

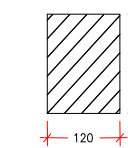
Sección transversal: b=120mm; h=150mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 20mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-DC1-1	-558.85	-20.36	-1.48
ELU-DC2-1	-68.14	-7.98	-11.23
ELU-DC3-1	42.36	-0.20	-14.66
ELU-DC3-2	-7.50	-5.68	-14.98

DIAGONAL TRACCIONADA DT1

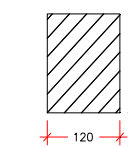
Sección transversal: b=120mm; h=200mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 20mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-DT1-1	498.41	-3.07	-10.16
ELU-DT1-2	491.58	-15.35	-1.66
ELU-DT1-3	398.87	-11.61	-11.65

DIAGONALES TRACCIONADAS (DT2 y DT3)

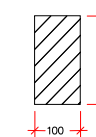
Sección transversal: b=120mm; h=150mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 20mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-DT2-1	253.82	-3.59	-9.55
ELU-DT2-2	159.96	-1.40	-12.77
ELU-DT3-1	233.17	-2.21	-14.37
ELU-DT3-2	89.21	-5.05	-17.07

RIGIDIZACIÓN TRANSVERSAL DEL TABLERO (RIGTAB)

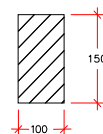
Sección transversal: b=100mm; h=150mm
 Armadura pasiva: 4 redondos de 10mm
 Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-RIGTAB-1	140.46	-5.02	-0.06
ELU-RIGTAB-2	169.09	-4.40	-0.03

TRIANGULACIÓN INFERIOR (DI)

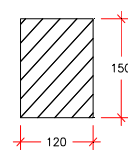
- Sección transversal: $b=100\text{mm}$; $h=150\text{mm}$
- Armadura pasiva: 4 redondos de 10mm
- Recubrimiento nominal: 20 mm



Combinación	N (kN)	M_y (kNm)	M_z (kNm)
ELU-DI-1	19.49	-8.03	-0.61
ELU-DI-2	163.48	-5.15	-1.37

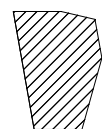
NERVIO LONGITUDINAL DEL TABLERO (VTAB)

- Sección transversal: $b=120\text{mm}$; $h=150\text{mm}$
- Armadura pasiva: 4 redondos de 10mm
- Recubrimiento nominal: 20 mm

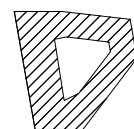


Combinación	N (kN)	M_y (kNm)	M_z (kNm)
ELU-VTAB-1	-148.51	-13.02	-0.60
ELU-VTAB-2	-534.99	-16.90	-0.27

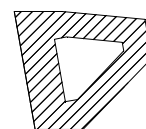
CORDÓN SUPERIOR (CC1, CC2, CC3 y CC4)



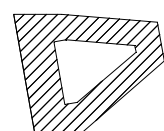
Sección 1



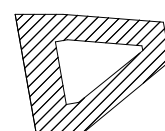
Sección 2



Sección 3



Sección 4



Sección 5

Tramo CC1

Esfuerzos de primer orden

Combinación	N (kN)	M_y (kNm)	M_z (kNm)
ELU-CC1-1	-539.266	13.696	1.1108
ELU-CC1-2	152.11	6.4897	-2.2157

ELU-CC1-3	-234.451	42.0586	-19.0511
ELU-CC1-4	-383.665	-10.945	+44.5624
ELU-CC1-5	-258.514	+43.3657	-18.1982

Esfuerzos de segundo orden

Combinación	N (kN)	M_y (kNm)	M_z (kNm)
ELU-CC1-6	11.43	-0.6505	2.7096
ELU-CC1-7	-673.076	-9.0493	33.0474
ELU-CC1-8	-4.455	0.4387	0.1389
ELU-CC1-9	-470.774	-20.4412	41.3067
ELU-CC1-10	-402.24	-15.2358	46.7714
ELU-CC1-11	-616.197	-3.976	-6.6958

Tramo CC2

Esfuerzos de primer orden

Combinación	N (kN)	M_y (kNm)	M_z (kNm)
ELU-CC2-1	-1132.958	-13.5138	+53.4491
ELU-CC2-2	-212.959	+10.8314	-12.2728
ELU-CC2-3	-1089.667	-16.0183	+56.805
ELU-CC2-4	-1132.606	+1.1399	-34.4817
ELU-CC2-5	-212.959	+10.8314	-12.2728
ELU-CC2-6	-1077.909	-16.0924	+51.2015

Esfuerzos de segundo orden

Combinación	N (kN)	M_y (kNm)	M_z (kNm)
ELU-CC2-7	-1231.206	-22.0983	-3.8922
ELU-CC2-8	-1348.407	54.7436	-19.3982
ELU-CC2-9	-1231.472	56.1595	-23.3682
ELU-CC2-10	-1348.044	-44.2342	6.4285
ELU-CC2-11	-1231.449	50.9468	-23.4976
ELU-CC2-12	-1231.23	-39.9999	9.2212

Tramo CC3

Esfuerzos de primer orden

Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-CC3-1	-1837.141	-1.3849	+32.0512
ELU-CC3-2	-446.471	+9.6915	-7.9702
ELU-CC3-3	-1794.897	-3.7737	+36.1244
ELU-CC3-4	-939.614	+2.9703	-22.9978
ELU-CC3-5	-525.565	+12.1154	+2.2687
ELU-CC3-6	-1794.758	-12.6123	-2.2564

Esfuerzos de segundo orden

Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-CC3-7	-2015.749	-11.0528	11.9251
ELU-CC3-8	-2142.476	35.4802	-1.097
ELU-CC3-9	-2015.885	36.096	-4.6753
ELU-CC3-10	-2142.23	-42.1521	10.3336
ELU-CC3-11	-2015.821	18.2847	-11.1217
ELU-CC3-12	-2015.75	-11.2838	13.0734

Tramo CC4

Esfuerzos de primer orden

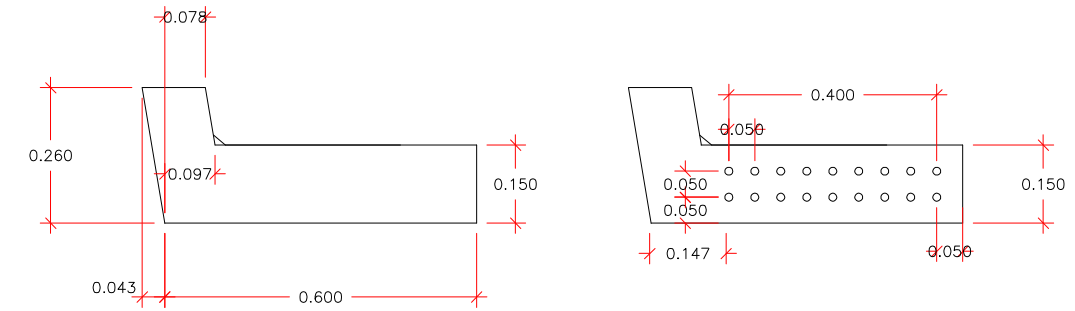
Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-CC4-1	-2242.594	-5.7067	+19.4879
ELU-CC4-2	-553.663	+11.7706	-2.7465
ELU-CC4-3	-2203.496	-6.8303	+28.5006
ELU-CC4-4	-1574.451	-11.7421	-13.6562
ELU-CC4-5	-632.794	+18.1405	-5.0181
ELU-CC4-6	-2203.434	-19.9992	-8.3468

Esfuerzos de segundo orden

Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-CC4-7	-2142.225	-40.9705	9.2621
ELU-CC4-8	-2631.202	18.2563	-31.4653
ELU-CC4-9	-2142.476	35.4802	-1.097

ELU-CC4-10	-2142.23	-42.1521	10.3336
ELU-CC4-11	-2631.197	17.3169	-35.5016
ELU-CC4-12	-2631.065	-14.7399	24.8204

CORDÓN INFERIOR (CI)



Combinación	N (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
ELU-T-Ini-01	773.2	12.31	259.81
ELU-T-Ini-02	3440.9	6.3	235.9
ELU-T-Ini-03	3144.8	-0.9	215.14
ELU-T-Ini-04	2541.8	3.3	157.3
ELU-T-Ini-05	1499.8	31	143.05
ELU-T-Ini-06	1695.9	25.3	386.8
ELU-T-Fin-01	3362.84	4.41	175.74
ELU-T-Fin-02	541.27	7.6	194.44
ELU-T-Fin-03	1339.2	-29.8	297.24
ELU-T-Fin-04	1236.4	-23.6	57.34
ELU-T-Fin-05	3036.4	28.2	182.94

1.7 Cálculo de la pasarela

1.7.1 Pérdidas de pretensado

En función de los datos indicados previamente para el cálculo de las pérdidas de pretensado y de los esfuerzos obtenidos se ha llevado a cabo una estimación de las pérdidas de pretensado hasta la transferencia y de las pérdidas diferidas. Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente extracto de la hoja Excel que ha servido de base para el cálculo de las pérdidas de pretensado.

PÉRDIDAS INICIALES		
P_{ki}	3007.4	kN
P_o	3515.4	kN
Pérdidas totales iniciales		
ΔP	508.0	kN
$\% \Delta P_k$	0.855	% s/ P_o
PÉRDIDAS HASTA LA TRANSFERENCIA		
Retracción		
ϵ_{cs}	0.0003	
E_s	190000	MPa
$E_c(7d)$	40000	MPa
A_s	0.0027	m ²
A_c	0.1057	m ²
ρ	0.026	
σ_s	50.832	MPa
σ_c	-1.298	MPa
ΔP_{retr}	137.2	kN
Relajación		
1.92%	7d	
2.5%	1000h	
ΔP_p	67.5	kN
PÉRDIDAS TRAS LA TRANSFERENCIA		
Acortamiento elástico hormigón		
$E_c(7d)$	40000	MPa
δ	0.0266	m
E_p	190000	MPa
L	45	m
ϵ	0.00059111	
ΔP_{aeh}	303.2	kN

PÉRDIDAS DIFERIDAS		
P_{kf}	2388.6	kN
ΔP_{dif}	618.8	kN

y_p	0.0172	m
E_p	190000	MPa
E_c	44000	MPa
n	4.318	
$\varphi(\infty,7)$	1.57	
$\epsilon_{cs}(\infty,7)$	0.0006	
σ_{cp}	16.49	MPa
$\Delta \sigma_{pr}$	81.311	MPa
ρ_t	7.30%	10 ⁶ h
P_{ki}	3007.4	kN
A_p	0.0027	m ²
A_c	0.1057	m ²
I_c	0.00038458	m ⁴
χ	0.8	

1.7.2 Estado límite último de equilibrio

Para la comprobación del ELU de equilibrio, las combinaciones de acciones más desfavorables en servicio se muestran en 1.6.3.1. No se ha considerado una situación de construcción, ya que durante toda esta etapa la pasarela se encuentra apeada en la casa de prefabricados. Se comprueba que las reacciones en los apoyos son de sentido vertical y ascendente, es decir, de compresión en el estribo. A continuación, se muestran las reacciones en los apoyos para las dos hipótesis de combinación de acciones contempladas en 1.6.3.1.

R_z (kN)	APOYO 1	APOYO 2	APOYO3	APOYO4
COMBINACIÓN 1	118.8	383.9	115.5	387.1
COMBINACIÓN 2	5.8	209.2	8.1	212.0

La combinación más desfavorable es la 2, aquella en la que actúa únicamente el viento en las direcciones vertical y transversal a la pasarela. En esta situación, la acción del viento provoca el mayor par de vuelco.

Debido a que las fuerzas estabilizadoras son mayores que las fuerzas desestabilizadoras, se cumple con el artículo 41º de la EHE-08 relativo al estado límite de equilibrio.

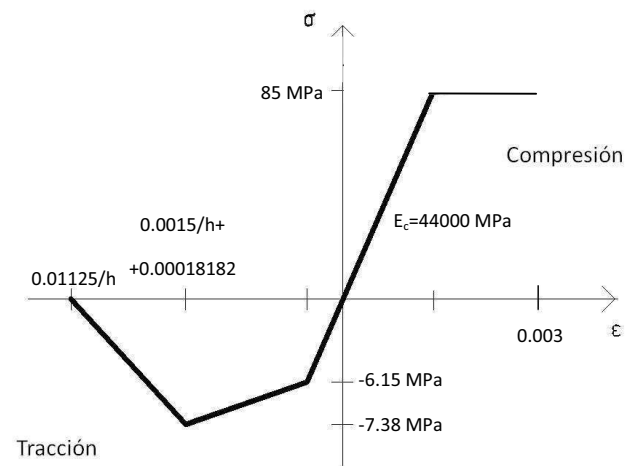
1.7.3 Dimensionamiento en rotura

1.7.3.1 Solicitaciones normales

Se ha comprobado que cada una de las secciones es capaz de resistir cada una de las sollicitaciones de cálculo.

Mediante software desarrollado por los propios autores del proyecto se ha llevado a cabo un cálculo en rotura introduciendo el diagrama tensión-deformación de cálculo en situación de agotamiento. Se ha empleado el diagrama tensión-deformación de cálculo que aparece en la

siguiente figura y que está basado en la propuesta que recogen las Recomendaciones Francesas:



Se han hecho análisis seccionales introduciendo los esfuerzos de axil y de flexión biaxial de dos tipos: sólo en situación de agotamiento según los dominios de deformación en rotura que indica la Recomendación Francesa y que es de similar aplicación al mostrado en la EHE-08. La posición considerada para los pivotes ha sido la siguiente:

PIVOTE A: Deformación del 10 por mil en la armadura más traccionada

PIVOTE B: Deformación del 3 por mil en la fibra más comprimida

PIVOTE C: Deformación limitada a $\frac{0.6 \cdot f_{c,28}}{E_{c,28}} = 0.002045$

$$\text{Posición} \left(1 - \frac{\varepsilon_C}{\varepsilon_B} \right) \cdot h = 0.318181 \cdot h$$

Además, se han realizado diagramas momento curvatura capaces de representar el comportamiento para cualquier nivel de carga.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos para los esfuerzos pésimos presentados en el apartado 0. Se considera que todo el resto de esfuerzos que no se incluyen en este apartado representan situaciones menos desfavorables para el elemento estructural objeto de estudio. Se puede observar que en todas las comprobaciones el axil último resistido es superior al axil de cálculo aplicado.

DIAGONALES COMPRIMIDAS (DC1, DC2 y DC3)

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-DC1-1	-558.85	-1056.00	1.89
ELU-DC2-1	-68.14	-140.50	2.06
ELU-DC3-1	42.36	66.29	1.56

ELU-DC3-2	-7.50	-12.37	1.65
-----------	-------	--------	------

DIAGONAL TRACCIONADA (DT1)

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-DT1-1	498.41	523.8	1.05
ELU-DT1-2	491.58	537.9	1.09
ELU-DT1-3	398.87	439.3	1.10

DIAGONALES TRACCIONADAS (DT2 y DT3)

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-DT2-1	253.82	364.40	1.44
ELU-DT2-2	159.96	232.60	1.45
ELU-DT3-1	233.17	277.00	1.19
ELU-DT3-2	89.21	112.30	1.26

RIGIDIZACIÓN TRANSVERSAL DEL TABLERO (RIGTAB)

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-RIGTAB-1	140.46	159.4	1.13
ELU-RIGTAB-2	169.09	176.4	1.04

TRIANGULACIÓN INFERIOR (DI)

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-DI-1	19.49	31.87	1.64
ELU-DI-2	163.48	166.7	1.02

NERVIO LONGITUDINAL DEL TABLERO (VTAB)

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-VTAB-1	-148.51	-347.20	2.34
ELU-VTAB-2	-534.99	-908.10	2.34

CORDÓN SUPERIOR (CC1, CC2, CC3 y CC4)

Tramo CC1

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-CC1-1	-539	-3457	6.41
ELU-CC1-2	152	416	2.74
ELU-CC1-3	-234	-498	2.13
ELU-CC1-4	-384	-720	1.88
ELU-CC1-5	-259	-571	2.20
ELU-CC1-6	11.43	136.12	11.91
ELU-CC1-7	-673.076	-1975.00	2.93
ELU-CC1-8	-4.455	-1301.19	292.07
ELU-CC1-9	-470.774	-987.25	2.10
ELU-CC1-10	-402.24	-636.59	1.58
ELU-CC1-11	-616.197	-3897.43	6.32

Tramo CC2

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-CC2-1	-1133	-2912	2.57
ELU-CC2-2	-213	-2361	11.1
ELU-CC2-3	-1090	-2704	2.48
ELU-CC2-4	-1133	-3599	3.18
ELU-CC2-5	-213	-2361	11.08
ELU-CC2-6	-1078	-2861	2.65
ELU-CC2-7	-1231.206	-4321.817	3.51
ELU-CC2-8	-1348.407	-3277.5443	2.43

Tramo CC3

ELU-CC2-9	-1231.472	-2981.9594	2.42
ELU-CC2-10	-1348.044	-3511.4301	2.60
ELU-CC2-11	-1231.449	-3031.9529	2.46
ELU-CC2-12	-1231.23	-3480.7327	2.83

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-CC3-1	-1837	-4558	2.48
ELU-CC3-2	-446	-4168	9.35
ELU-CC3-3	-1795	-4355	2.43
ELU-CC3-4	-940	-4262	4.53
ELU-CC3-5	-526	-4160	7.91
ELU-CC3-6	-1795	-5115	2.85
ELU-CC3-7	-2015.749	-4844.6244	2.40
ELU-CC3-8	-2142.476	-4499.0626	2.10
ELU-CC3-9	-2015.885	-4448.7551	2.21
ELU-CC3-10	-2142.23	-4117.4316	1.92
ELU-CC3-11	-2015.821	-4821.991	2.39
ELU-CC3-12	-2015.75	-4822.3107	2.39

Tramo CC4

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
ELU-CC4-1	-2243	-3355	1.50
ELU-CC4-2	-554	-2844	5.13
ELU-CC4-3	-2203	-3473	1.58
ELU-CC4-4	-1574	-2916	1.85
ELU-CC4-5	-633	-2695	4.26

ELU-CC4-6	-2203	-3043	1.38
ELU-CC4-7	-2142.225	-3220.6899	1.50
ELU-CC4-8	-2631.202	-2764.7768	1.05
ELU-CC4-9	-2142.476	-3013.3244	1.41
ELU-CC4-10	-2142.23	-3230.1245	1.51
ELU-CC4-11	-2631.197	-2717.3721	1.03
ELU-CC4-12	-2631.065	-3339.2401	1.27

CORDÓN INFERIOR (CI)

Combinación	N (kN)	N _u (kN)	N _u /N
T. Inicial CI-01	773.2	2347	3.04
T. Inicial CI-02	3440.9	4313	1.25
T. Inicial CI-03	3144.8	4214	1.34
T. Inicial CI-04	2541.8	4223	1.66
T. Inicial CI-05	1499.8	4027	2.69
T. Inicial CI-06	1695.9	3046	1.80
T. Final CI-07	3362.84	4122	1.23
T. Final CI-08	541.27	2206	4.08
T. Final CI-09	1339.2	3145	2.35
T. Final CI-10	1236.4	3259	2.64
T. Final CI-11	3036.4	4312	1.42

1.7.3.2 Cortante

Las comprobaciones a cortante se realizan siguiendo la formulación propuesta por la recomendación francesa. En la recomendación francesa para el cálculo de la contribución del hormigón se consideran dos casos en función de si la pieza está armada o pretensada.

En el caso de pieza pretensada se tiene la siguiente:

$$V_c = \frac{1}{1.5} 0.24 \sqrt{f_{c,28}} b_o d$$

Para las piezas armadas, se utiliza la siguiente formulación:

$$V_c = \frac{1}{1.5} 0.21 k \sqrt{f_{c,28}} b_o d; \quad \text{Tracción: } k = 1 - \frac{0.7 \sigma_{cm}}{f_{t,28}}; \quad \text{Compresión: } k = 1 + \frac{3 \sigma_{cm}}{f_{t,28}}$$

La resistencia a cortante aportada por las fibras sigue la siguiente expresión:

$$V_f = \frac{S \sigma_p}{\gamma \cdot \tan \theta}$$

σ_p es el valor de la tensión residual a tracción y tiene por valor:

$$\sigma_p \cdot K = 8.8 \text{ MPa}$$

$$K = 1.25$$

$$w_{lim} = 0.3 \text{ mm}$$

$$S = 0.9 \cdot b_o \cdot d$$

$$\gamma = 1.3$$

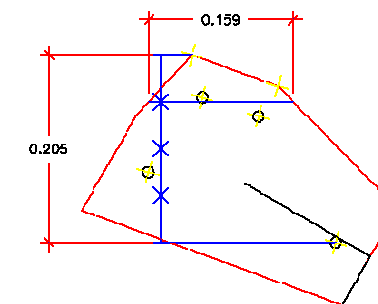
Por su parte, el rasante en juntas de hormigonado se calcula siguiendo los criterios de la EHE-08 para este fin.

A continuación se presenta la comprobación a cortante de todos los elementos de la pasarela:

1.7.3.2.1 Cordón superior (CC)

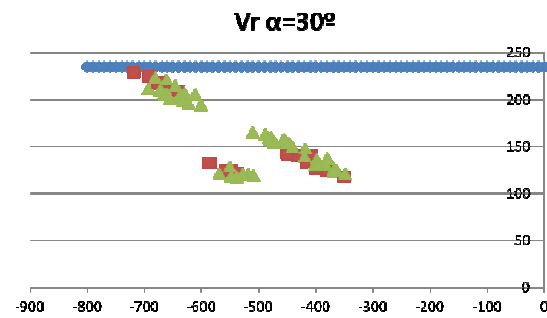
Tramo C1

Siguiendo los criterios de la EHE-08 para el cálculo del ancho útil cuando el espesor es variable (Art. 42.2.1), se obtiene que el área de cortante más desfavorable para la sección de las diagonales comprimidas se tiene para un ángulo de 30° tal y como se observa en la figura siguiente.



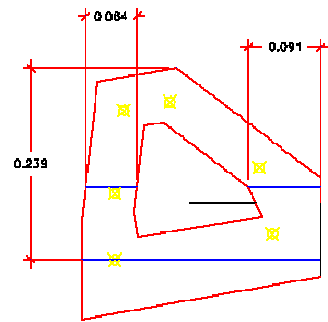
En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.033 \text{ m}^2$

En la siguiente figura se muestra los valores de cálculo del cortante frente al cortante resistido. Se observa que la sección resiste todas las solicitaciones de cálculo para el cortante resistido menor posible.

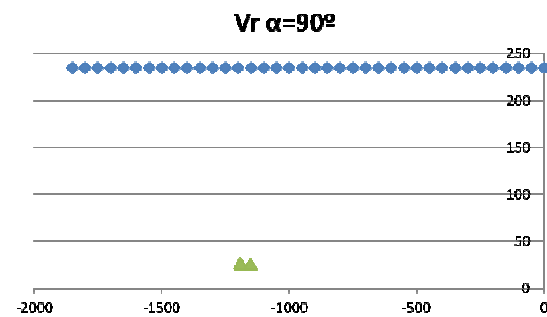


Tramo C2

En este caso el cortante resistido más bajo se produce para un ángulo igual a 90°

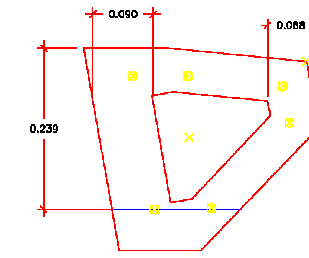


En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.037 m^2$

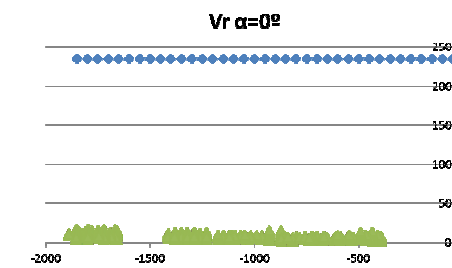


Tramo C3

En este caso el área de cortante más desfavorable se tiene para un ángulo de 45°.

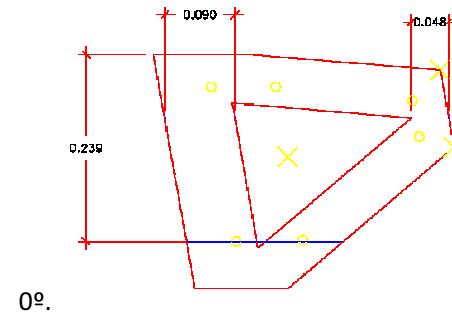


En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.037 m^2$



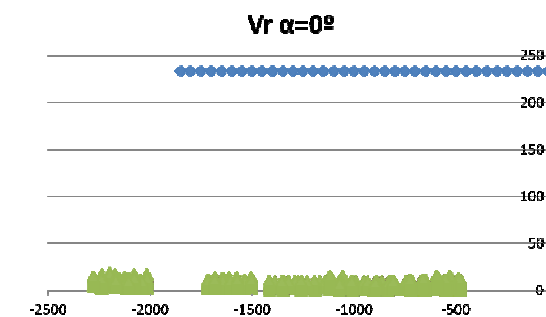
Tramo C4

En este caso el área de cortante más desfavorable se tiene para un ángulo de



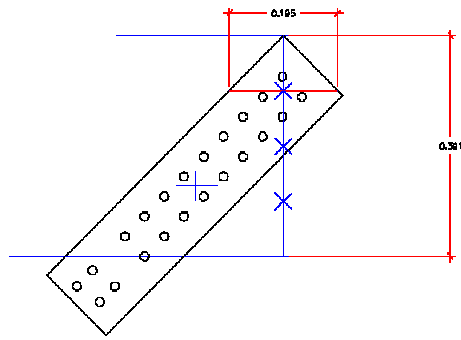
0°.

En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.032 m^2$

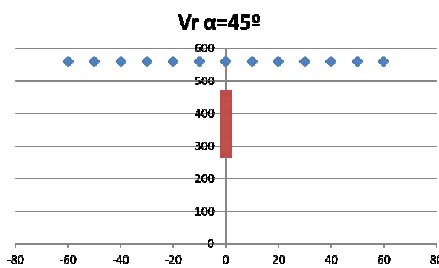


1.7.3.2.2 Cordón inferior (CI)

El área de cortante más desfavorable para la sección de las diagonales comprimidas se tiene para un ángulo de 45° tal y como se observa en la figura siguiente.

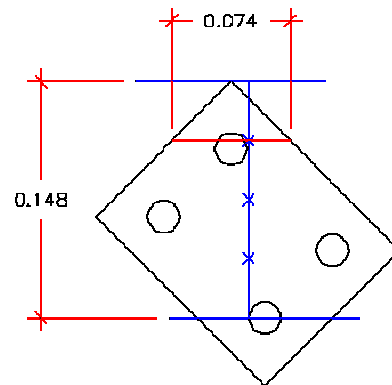


En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.076m^2$

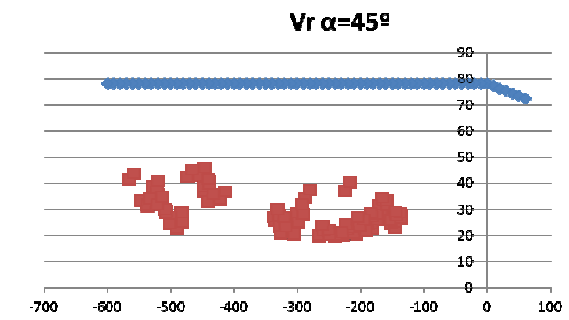


1.7.3.2.3 Diagonales comprimidas (DC)

Se obtiene que el área de cortante más desfavorable para la sección de las diagonales comprimidas se tiene para un ángulo de 45° tal y como se observa en la figura siguiente.

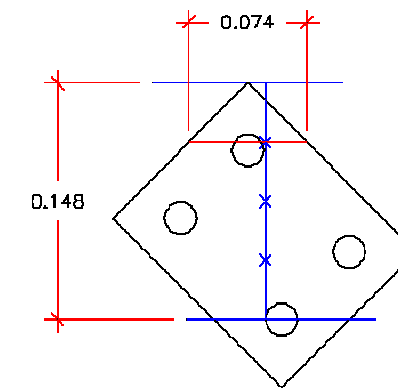


En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.011m^2$

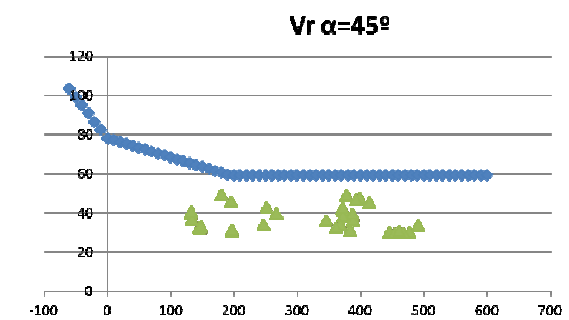


1.7.3.2.4 Diagonales traccionadas (DT)

Se obtiene que el área de cortante más desfavorable para la sección de las diagonales comprimidas se tiene para un ángulo de 45° tal y como se observa en la figura siguiente.

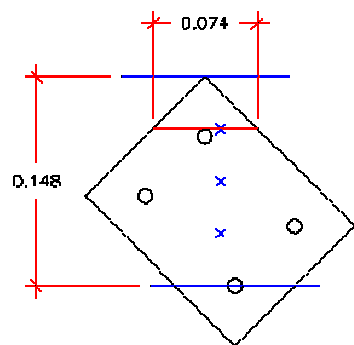


En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.011m^2$

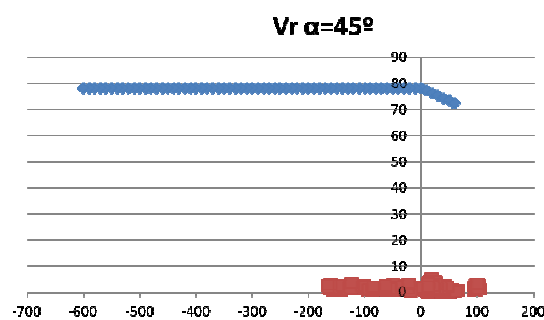


1.7.3.2.5 Diagonales de la triangulación inferior (DI)

Siguiendo los criterios de la EHE-08 para el cálculo del ancho útil cuando el espesor es variable (Art. 42.2.1), se obtiene que el área de cortante más desfavorable para la sección de las diagonales comprimidas se tiene para un ángulo de 45° tal y como se observa en la figura siguiente. Se ha considerado una sección de cálculo reducida, tal y como se muestra en la siguiente figura y que se corresponde con la sección de la viga que está incluida en la celosía:

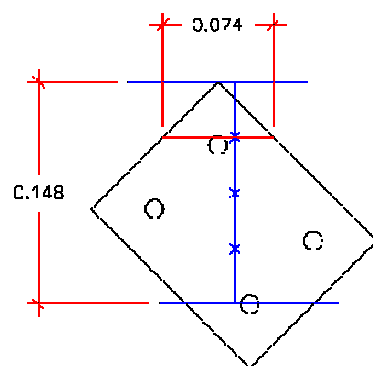


En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.0084m^2$

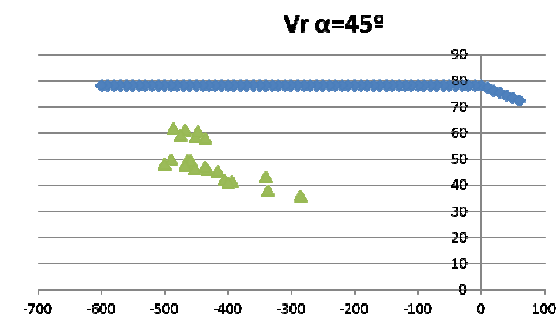


1.7.3.2.6 Viga lateral de apoyo del tablero en la celosía (VTAB)

Se obtiene que el área de cortante más desfavorable para la sección de las diagonales comprimidas se tiene para un ángulo de 45° tal y como se observa en la figura siguiente. Se ha considerado una sección de cálculo reducida, tal y como se muestra en la siguiente figura y que se corresponde con la sección de la viga que está incluida en la celosía:

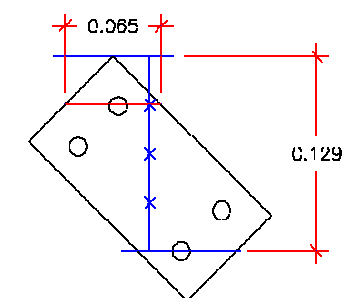


En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.0084m^2$

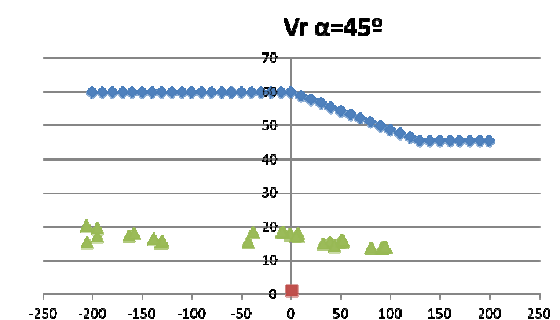


1.7.3.2.7 Rigidización transversal del tablero (RIGTAB)

Se obtiene que el área de cortante más desfavorable para la sección de las diagonales comprimidas se tiene para un ángulo de 45° tal y como se observa en la figura siguiente.



En este caso el área de cortante es: $A_c = b_o d = 0.0084m^2$



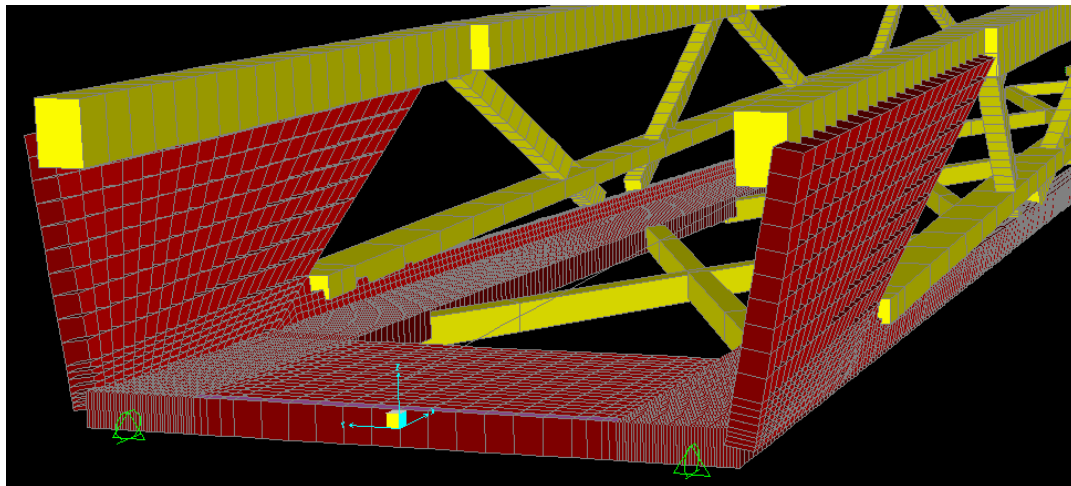
1.7.3.3 Rasante

Los fenómenos de rasante tienen lugar en las juntas constructivas que se localizan en el cordón inferior y superior. En estas zonas se debe garantizar que los hormigones colocados en fases diferentes trabajen de manera conjunta al igual que se ha previsto en el modelo. Los mayores problemas de rasante tienen lugar en la zona de transmisión del pretensado. Además, este fenómeno es acusado en la zona en la que el cordón superior e inferior varía el axil, esto es en los nudos de la celosía. Los esfuerzos debidos al rasante y la armadura necesaria para resistirlos son objeto de este apartado.

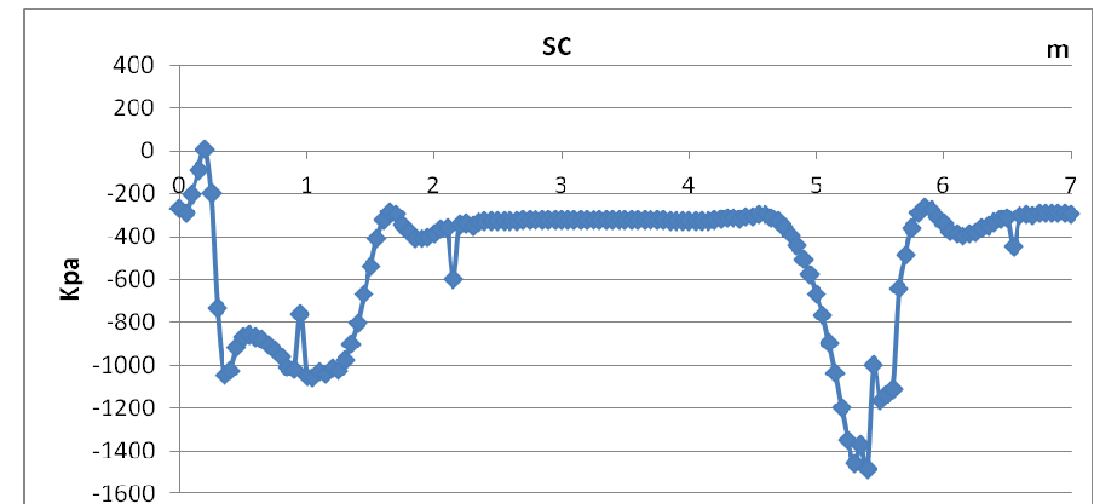
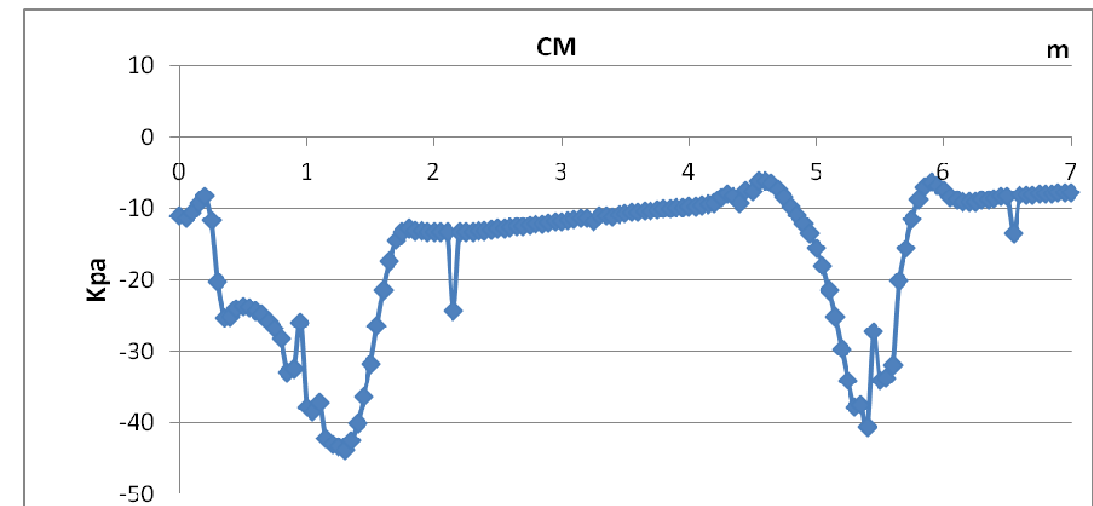
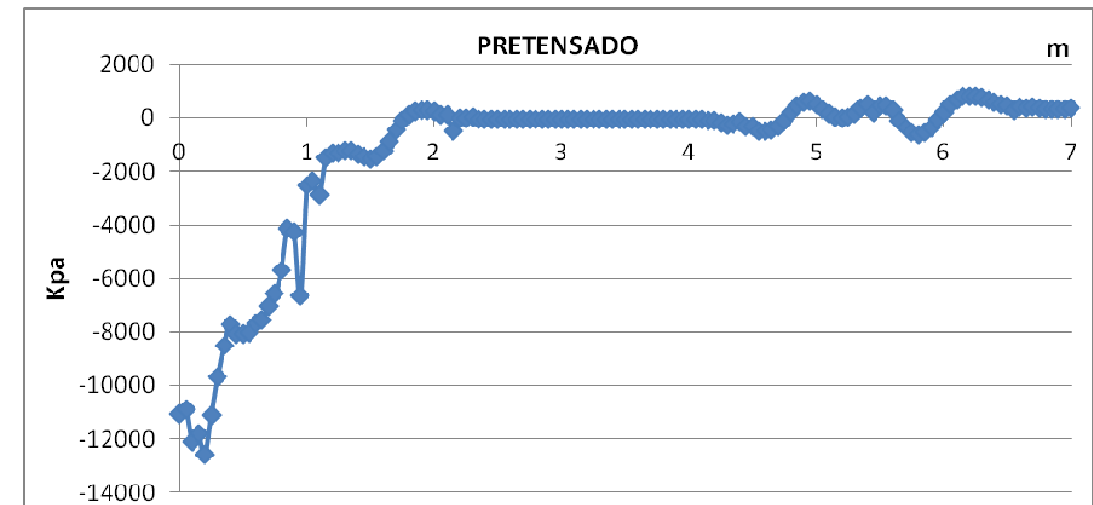
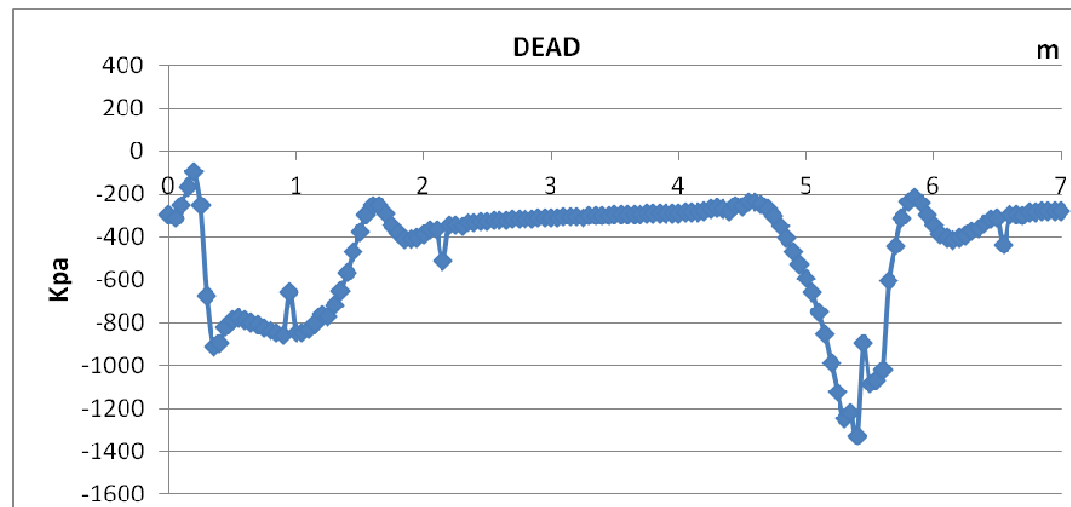
1.7.3.3.1 Cordón Inferior (CI)

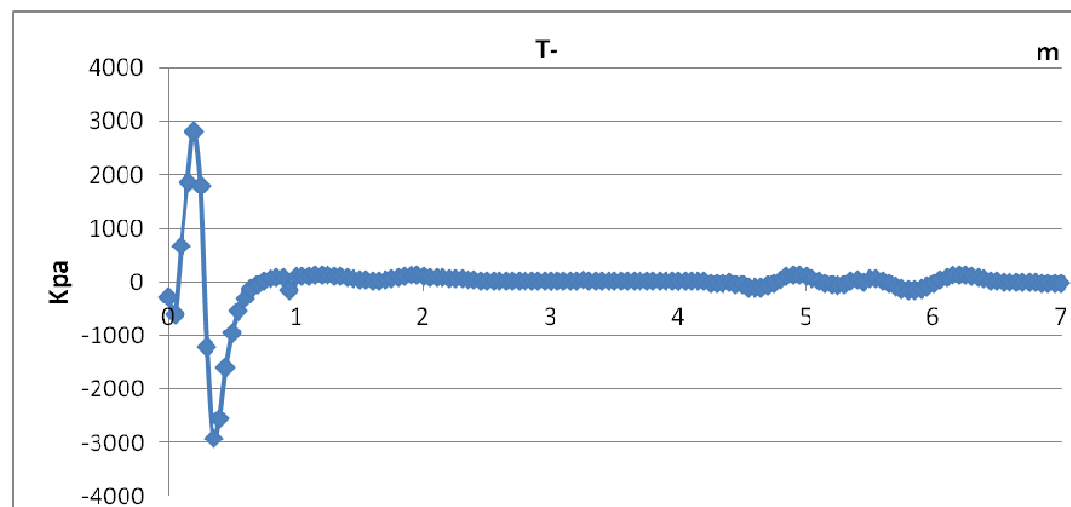
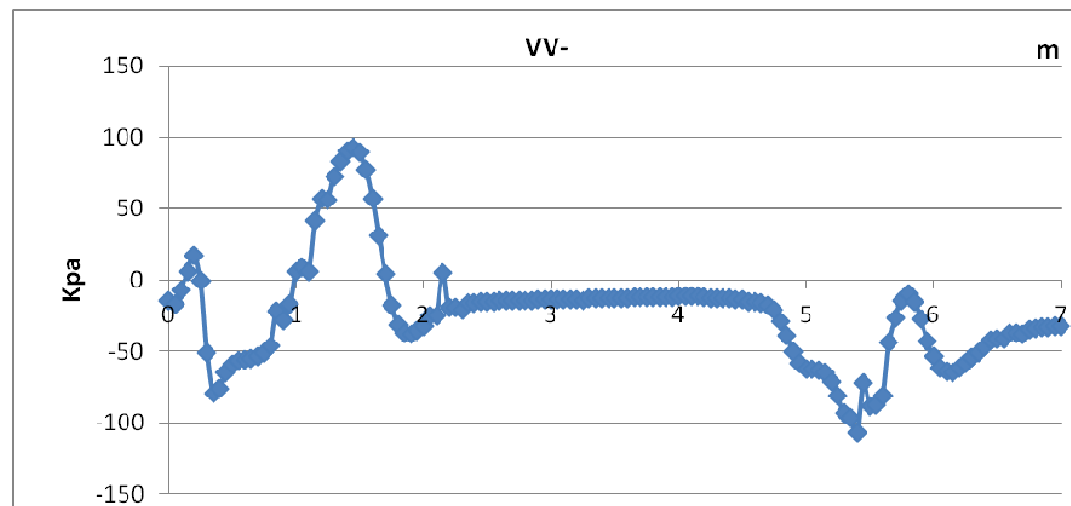
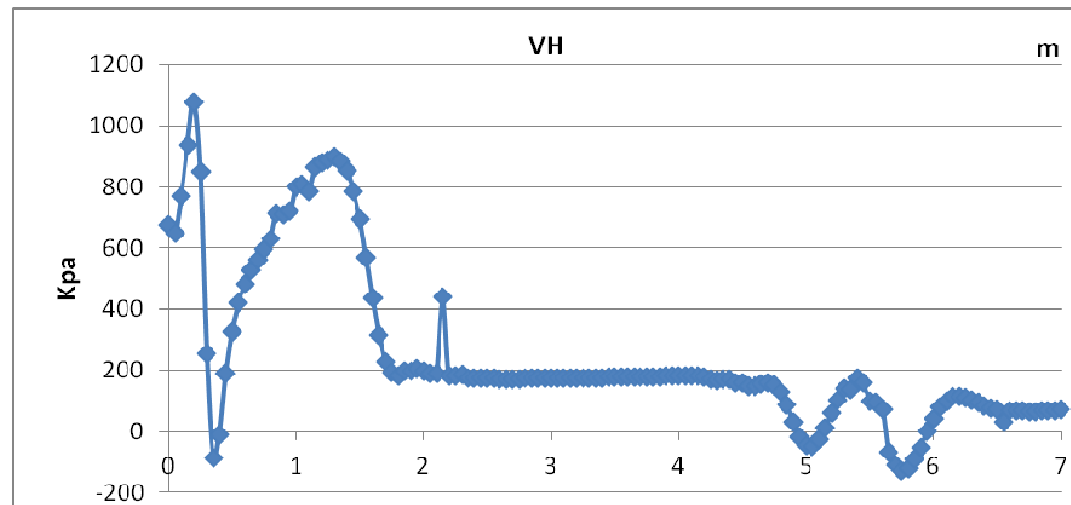
Ya que los mayores problemas de rasante se encuentran en el cordón inferior, se ha desarrollado un modelo específico para la región de transmisión del pretensado y de los nudos en los que confluyen las diagonales (DC, DT) y el cordón inferior (CI).

En este modelo, se ha considerado el cordón inferior como un elemento tipo Shell, distribuyendo el pretensado de la misma manera en que se encuentra distribuido en el diseño. Se ha considerado una longitud de transmisión del pretensado de 0,30 m, acorde con los ensayos realizados en la UPV, con una distribución lineal. Además, se considera un envainado de 8 de los cables hasta una longitud de 0.6 m desde el extremo de la pasarela en cada CI.

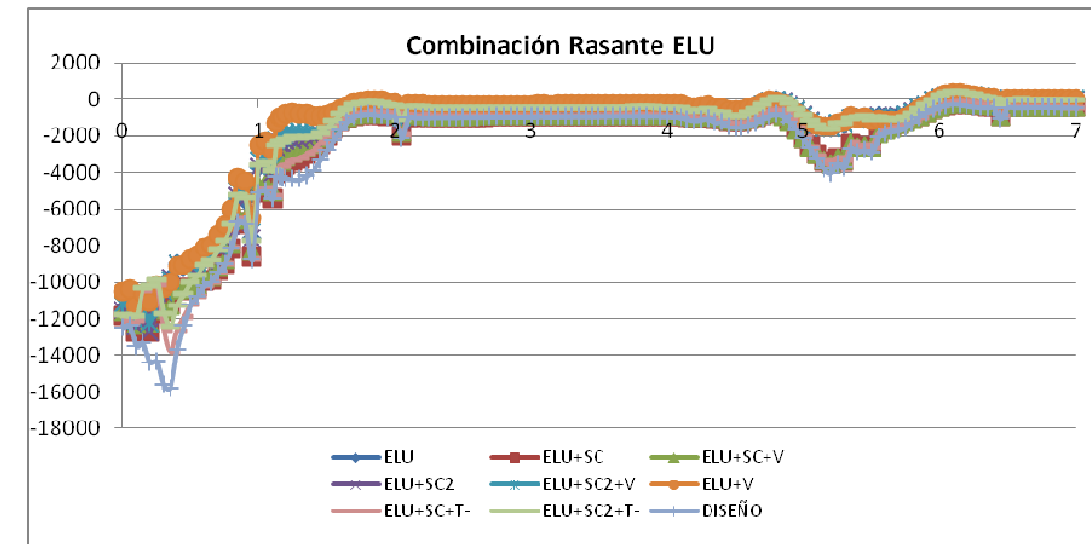


Los resultados del segundo modelo en la posición de la junta rasante se muestran en las siguientes gráficas. Los resultados son directamente los obtenidos del SAP2000 mediante un análisis lineal de la estructura.





La combinación de esfuerzos en eELU de las siguientes gráficas se muestra a continuación:



Seguendo el Artículo 47º de la EHE-08, utilizando un parámetro de rugosidad de la junta de $\eta=1$ y con armadura perpendicular a la misma se tiene que:

$$A_{st} = \frac{\tau_{r,d}}{f_{y\alpha,d}} h$$

Siendo,

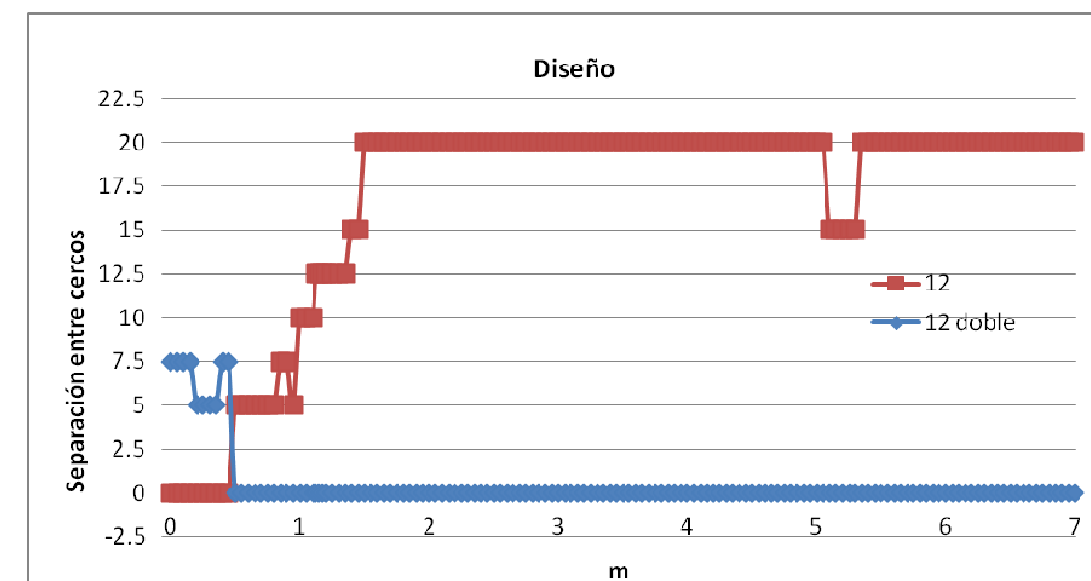
A_{st} : cuantía de armadura por unidad de longitud

$\tau_{r,d}$: Tensión rasante de cálculo

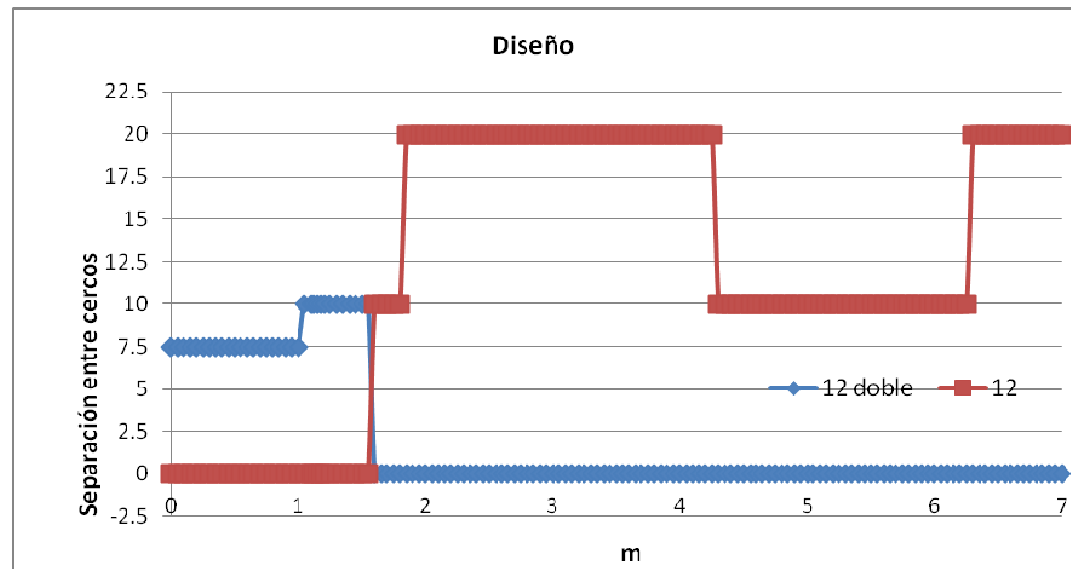
$f_{y\alpha,d}$: 400 MPa

h : 0.15 m

Según esta formulación, el armado estrictamente necesario sería el siguiente:



Este resulta ser inferior en todo punto al armado propuesto, que se muestra a continuación:



La armadura utilizada ha sido, cercos de $\Phi 12$ o bien grupos de dos cercos de $\Phi 12$. Por tanto, el armado propuesto es suficiente para resistir los esfuerzos de rasante generados en la junta en el cordón inferior.

1.7.3.3.2 Cordón superior (CS)

En el cordón superior el rasante se localiza en los nudos. Sin embargo, los esfuerzos rasantes e cálculo en estos nudos son inferiores a los esfuerzos del cordón superior. Por tanto, y debido a que la armadura a disponer es la misma en ambos cordones, a excepción de la armadura en extremos por efecto local del pretensado, queda garantizada la seguridad de la junta a rasante del cordón superior.

1.7.3.4 Torsión

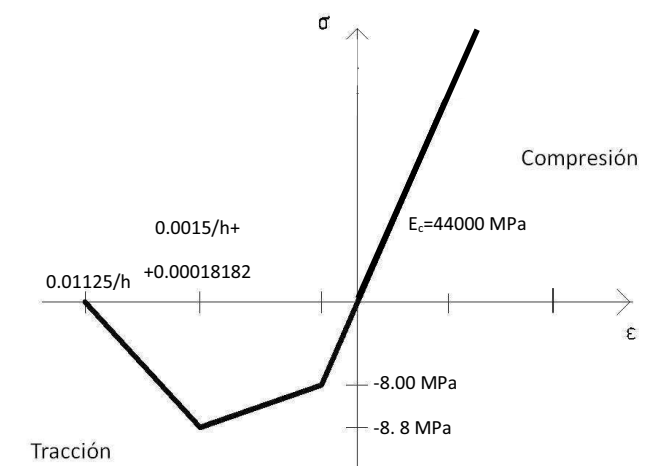
Los efectos de la torsión en cada uno de los elementos son poco significativos por lo que no ha sido necesario llevar a cabo esta comprobación. La estructura de la pasarela resiste los esfuerzos torsores globales mediante reparto desigual de esfuerzos axiales y flectores biaxiales a lo largo de todos sus elementos, aunque localmente no exista ningún elemento con importantes esfuerzos de torsión aplicada.

1.7.4 Dimensionamiento en servicio

1.7.4.1 Fisuración

Se ha llevado a cabo la comprobación en servicio de cada uno de los elementos de la estructura.

Mediante software desarrollado por los propios autores del proyecto se ha llevado a cabo un cálculo en servicio introduciendo el correspondiente diagrama tensión-deformación en servicio. Se ha empleado el diagrama tensión-deformación que aparece en la siguiente figura y que está basado en la propuesta que recogen las Recomendaciones Francesas:



Se han hecho análisis seccionales introduciendo los esfuerzos de axil y de flexión biaxial indicados en el apartado 1.6.4.2.

A continuación se presentan los resultados donde se muestran las tensiones y las deformaciones en la fibra más comprimida y en la fibra más traccionada. A su vez, se lleva a cabo una estimación de la abertura característica de fisura suponiendo una longitud característica igual a $2h/3$, siendo el h el canto de cada una de las secciones. Asimismo, se incluye una tabla con las tensiones de cada una de las armaduras para cada una de las combinaciones de esfuerzos.

DIAGONALES COMPRIMIDAS (DC1, DC2 y DC3)

Combinación	$\epsilon_{\max \text{ trac}}$	$\sigma_{\max \text{ trac}}$	w_k (mm)	$\epsilon_{\max \text{ comp}}$	$\sigma_{\max \text{ comp}}$
ELS-DC-1	0.0001	4.01	0.01	-0.0009	-38.90
ELS-DC-2	0.0001	6.23	0.01	-0.0002	-10.70
ELS-DC-3	0.0006	8.03	0.06	-0.0008	-37.30
ELS-DC-4	0.0003	8.01	0.03	-0.0005	-20.69
ELS-DC-5	0.0004	8.02	0.04	-0.001	-45.04
ELS-DC-6	0.0006	8.03	0.06	-0.0012	-52.19

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)
ELS-DC-1	-32.4	-130.5	-28.1	-126.2
ELS-DC-2	12.2	-3.8	-16.5	-32.5
ELS-DC-3	-107.9	-26.8	-27.9	53.2

ELS-DC-4	0.3	21.7	-64.4	-43.0
ELS-DC-5	-142.2	-47.0	-80.3	14.9
ELS-DC-6	35.0	-104.9	-17.2	-157.1

DIAGONAL TRACCIONADA (DT1)

Combinación	ϵ_{\max} trac	σ_{\max} trac	w_k (mm)	ϵ_{\max} comp	σ_{\max} comp
ELS-DT1-1	0.0006	8.05	0.08	-0.0004	-19.57
ELS-DT1-2	0.0015	8.14	0.20	0	0.99
ELS-DT1-3	0.0005	8.03	0.07	-0.0002	-7.95
ELS-DT1-4	0.0005	8.04	0.07	-0.0002	-9.57
ELS-DT1-5	0.0023	8.22	0.30	-0.0006	-26.11
ELS-DT1-6	0.0006	8.05	0.08	-0.0004	-19.57

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)
ELS-DT1-1	64.5	-39.0	77.0	-26.5
ELS-DT1-2	224.0	73.9	227.2	77.2
ELS-DT1-3	-16.1	-17.1	78.9	78.0
ELS-DT1-4	57.9	78.3	-19.0	1.5
ELS-DT1-5	71.6	323.1	8.9	260.5
ELS-DT1-6	64.5	-39.0	77.0	-26.5

DIAGONALES TRACCIONADAS (DT2 y DT3)

Combinación	ϵ_{\max} trac	σ_{\max} trac	w_k (mm)	ϵ_{\max} comp	σ_{\max} comp
ELS-DT23-1	0.0007	8.04	0.07	-0.0005	-22.57
ELS-DT23-2	0.0012	8.08	0.12	-0.0004	-16.74
ELS-DT23-3	0.0011	8.07	0.11	-0.0007	-29.81

ELS-DT23-4	0.0012	8.08	0.12	-0.0008	-33.11
ELS-DT23-5	0.0008	8.05	0.08	-0.0004	-16.71
ELS-DT23-6	0.001	8.06	0.10	-0.0004	-19.17

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)
ELS-DT23-1	-38.2	-54.9	93.0	76.3
ELS-DT23-2	-15.1	14.5	140.0	169.6
ELS-DT23-3	-21.2	-64.5	146.1	102.8
ELS-DT23-4	89.0	158.7	-70.0	-0.3
ELS-DT23-5	-22.4	60.6	28.5	111.5
ELS-DT23-6	127.5	20.3	82.8	-24.4

RIGIDIZACIÓN TRANSVERSAL DEL TABLERO (RIGTAB)

Combinación	ϵ_{\max} trac	σ_{\max} trac	w_k (mm)	ϵ_{\max} comp	σ_{\max} comp
ELS-RIGTAB-1	0.0001	2.28	0.01	-0.0001	-5.21
ELS-RIGTAB-2	0.0012	8.09	0.13	-0.0002	-9.60
ELS-RIGTAB-3	0.0001	4.66	0.01	0	-0.47
ELS-RIGTAB-4	0.0001	6.35	0.01	-0.0001	-2.97
ELS-RIGTAB-5	0.0002	7.29	0.02	-0.0001	-3.91
ELS-RIGTAB-6	0.001	8.06	0.10	-0.0003	-11.05
ELS-RIGTAB-7	0.001	8.07	0.10	-0.0003	-11.16

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)
ELS-RIGTAB-1	-15.3	7.9	-14.4	8.8
ELS-RIGTAB-2	177.1	-27.3	173.5	-31.0

ELS-RIGTAB-3	2.7	11.0	10.5	18.8
ELS-RIGTAB-4	5.6	25.4	-4.2	15.6
ELS-RIGTAB-5	-4.2	30.9	-5.2	29.9
ELS-RIGTAB-6	133.0	-39.4	132.3	-40.1
ELS-RIGTAB-7	142.5	-39.2	141.6	-40.0

TRIANGULACIÓN INFERIOR (DI)

Combinación	$\epsilon_{\max \text{ trac}}$	$\sigma_{\max \text{ trac}}$	w_k (mm)	$\epsilon_{\max \text{ comp}}$	$\sigma_{\max \text{ comp}}$
ELS-DI-1	0.0002	7.37	0.02	-0.0005	-20.94
ELS- DI -2	0.0002	8.00	0.02	0	-1.17
ELS- DI -3	0.0002	8.00	0.02	-0.0002	-7.53
ELS- DI -4	0.0003	8.01	0.03	-0.0003	-12.08
ELS- DI -5	0.0006	8.04	0.06	-0.0004	-18.66
ELS- DI -6	0.0005	8.02	0.05	-0.0003	-15.30

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)
ELS-DI-1	-65.8	-5.4	-56.3	4.1
ELS- DI -2	31.6	7.4	30.1	5.9
ELS- DI -3	-19.6	3.2	-0.1	22.7
ELS- DI -4	35.4	-7.5	12.4	-30.5
ELS- DI -5	-35.6	70.2	-28.6	77.2
ELS- DI -6	57.6	-18.7	44.1	-32.2

NERVIO LONGITUDINAL DEL TABLERO (VTAB)

Combinación	$\epsilon_{\max \text{ trac}}$	$\sigma_{\max \text{ trac}}$	w_k (mm)	$\epsilon_{\max \text{ comp}}$	$\sigma_{\max \text{ comp}}$
ELS-VTAB-1	-0.0003	-13.44	0.00	-0.0013	-55.34

ELS-VTAB-2	0.0001	5.44	0.01	-0.0005	-21.61
ELS-VTAB-3	0.0001	3.37	0.01	-0.0008	-35.05
ELS-VTAB-4	0.0001	3.35	0.01	-0.0008	-35.17
ELS-VTAB-5	0	1.97	0.00	-0.001	-42.63
ELS-VTAB-6	0.0001	2.54	0.01	-0.0007	-31.70
ELS-VTAB-7	0.0001	4.61	0.01	-0.0011	-48.26

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)
ELS-VTAB-1	-218.4	-164.2	-148.5	-94.3
ELS-VTAB-2	-15.1	-75.2	1.6	-58.4
ELS-VTAB-3	-129.7	-91.4	-52.6	-14.3
ELS-VTAB-4	-52.8	-14.5	-130.1	-91.8
ELS-VTAB-5	-154.2	-32.1	-152.7	-30.6
ELS-VTAB-6	-18.0	-99.3	-33.2	-114.5
ELS-VTAB-7	-174.3	-56.8	-141.7	-24.2

CORDÓN SUPERIOR (CC1, CC2, CC3 y CC4)

Tramo CC1

Combinación	$\epsilon_{\max \text{ trac}}$	$\sigma_{\max \text{ trac}}$	w_k (mm)	$\epsilon_{\max \text{ comp}}$	$\sigma_{\max \text{ comp}}$
ELS-CC1-1	0	-0.10	0.00	-0.0003	-13.76
ELS- CC1-2	0.0001	6.20	0.02	0	-1.88
ELS- CC1-3	0.0002	7.70	0.03	-0.0003	-12.37
ELS- CC1-4	0.0006	8.05	0.08	-0.0007	-33.00
ELS- CC1-5	0.0006	8.05	0.09	-0.0008	-33.78
ELS- CC1-6	0	-0.32	0.00	-0.0002	-8.57
ELS- CC1-7	0.0008	8.07	0.12	-0.0008	-36.38

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)
ELS-CC1-1	-36.8	-11.5	-13.9	-42.7
ELS- CC1-2	11.8	22.1	19.2	3.2
ELS- CC1-3	-29.5	16.6	17.6	-22.8
ELS- CC1-4	2.7	69.0	46.0	-66.3
ELS- CC1-5	-15.8	76.4	58.9	-65.1
ELS- CC1-6	-23.0	-32.8	-29.6	-13.4
ELS- CC1-7	6.5	100.7	76.8	-63.4

Tramo CC2

Combinación	ϵ_{\max} trac	σ_{\max} trac	w_k (mm)	ϵ_{\max} comp	σ_{\max} comp
ELS-CC2-1	0	2.20	0.01	-0.0007	-29.91
ELS- CC2-2	0.0001	2.46	0.01	-0.0002	-7.79
ELS- CC2-3	0.0001	3.69	0.01	-0.0007	-29.87
ELS- CC2-4	-0.0001	-4.40	0.00	-0.0005	-22.34
ELS- CC2-5	0	2.13	0.01	-0.0002	-7.06
ELS- CC2-6	0.0001	2.88	0.01	-0.0007	-28.71

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)	σ_{s5} (MPa)	σ_{s6} (MPa)
ELS-CC2-1	-103.0	-106.9	-70.8	-44.9	-26.4	-15.6
ELS- CC2-2	-3.2	5.3	5.7	-0.6	-13.8	-23.7
ELS- CC2-3	-100.7	-106.4	-71.2	-44.6	-23.6	-10.8
ELS- CC2-4	-37.7	-37.6	-61.0	-75.9	-84.1	-88.3
ELS- CC2-5	-23.1	-12.7	2.5	4.2	-7.0	-16.4
ELS- CC2-6	-97.2	-103.3	-71.4	-46.5	-25.9	-13.3

Tramo CC3

Combinación	ϵ_{\max} trac	σ_{\max} trac	w_k (mm)	ϵ_{\max} comp	σ_{\max} comp
ELS-CC3-1	-0.0003	-14.14	0.00	-0.0007	-29.87
ELS- CC3-2	-0.0003	-14.14	0.00	-0.0007	-29.87
ELS- CC3-3	-0.0003	-12.36	0.00	-0.0007	-30.47
ELS- CC3-4	-0.0001	-5.00	0.00	-0.0004	-16.48
ELS- CC3-5	0	-0.65	0.00	-0.0002	-7.88
ELS- CC3-6	-0.0004	-18.85	0.00	-0.0005	-23.40

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)	σ_{s5} (MPa)	σ_{s6} (MPa)
ELS-CC3-1	-121.2	-122.2	-94.7	-81.9	-75.8	-74.5
ELS- CC3-2	-121.2	-122.2	-94.7	-81.9	-75.8	-74.5
ELS- CC3-3	-121.4	-123.6	-94.5	-80.1	-71.3	-68.6
ELS- CC3-4	-34.2	-30.9	-45.0	-53.7	-62.3	-65.9
ELS- CC3-5	-26.7	-18.8	-6.9	-7.6	-21.1	-29.1
ELS- CC3-6	-92.1	-97.0	-104.0	-103.3	-94.9	-89.9

Tramo CC4

Combinación	ϵ_{\max} trac	σ_{\max} trac	w_k (mm)	ϵ_{\max} comp	σ_{\max} comp
ELS-CC4-1	0.0004	8.04	0.09	-0.0014	-59.88
ELS- CC4-2	-0.0001	-2.39	0.00	-0.0002	-8.10
ELS- CC4-3	0.0001	6.21	0.03	-0.0009	-38.61
ELS- CC4-4	0.0005	8.05	0.10	-0.0014	-59.50
ELS- CC4-5	-0.0001	-2.79	0.00	-0.0002	-7.99
ELS- CC4-6	0.0003	8.02	0.07	-0.0014	-61.37

Combinación	σ_{s1} (MPa)	σ_{s2} (MPa)	σ_{s3} (MPa)	σ_{s4} (MPa)	σ_{s5} (MPa)	σ_{s6} (MPa)
-------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

ELS-CC4-1	-104.9	-172.8	-234.3	-206.7	-57.0	9.6
ELS-CC4-2	-18.0	-23.9	-34.1	-33.4	-21.4	-15.7
ELS-CC4-3	-48.6	-91.8	-153.7	-144.5	-53.5	-11.5
ELS-CC4-4	-108.6	-176.9	-231.6	-201.4	-49.7	17.4
ELS-CC4-5	-22.3	-27.2	-33.8	-32.6	-22.2	-17.4
ELS-CC4-6	-81.5	-152.1	-242.2	-223.0	-72.1	-3.2

CORDÓN INFERIOR (CI)

Combinación	$\epsilon_{\max \text{ trac}}$	$\sigma_{\max \text{ trac}}$	w_k (mm)	$\epsilon_{\max \text{ comp}}$	$\sigma_{\max \text{ comp}}$
ELS-T-Ini-01	0.0002	8.00	0.02	-0.0010	-45.50
ELS-T-Ini-02	0.0014	8.10	0.14	-0.0010	-42.01
ELS-T-Ini-03	0.0003	8.01	0.03	-0.0010	-44.10
ELS-T-Ini-04	0.0004	8.02	0.04	-0.0008	-35.84
ELS-T-Ini-05	-0.0001	-5.27	0.00	-0.0003	-15.26
ELS-T-Ini-06	-0.0001	-3.09	0.00	-0.0001	-5.58
ELS-T-Fin-01	-0.0002	-10.63	0.00	-0.0003	-13.44
ELS-T-Fin-02	0.0002	8.00	0.02	0.0000	-0.98
ELS-T-Fin-03	0.0005	8.02	0.05	-0.0009	-38.16
ELS-T-Fin-04	0.0005	8.03	0.05	-0.0008	-33.29
ELS-T-Fin-05	0.0001	6.04	0.01	0.0000	-0.98
ELS-T-Fin-06	-0.0001	-3.22	0.00	-0.0002	-10.29

Todos los resultados correspondientes a las tablas anteriores representan estados para la combinación característica. Bajo esta combinación se debe comprobar que la tensión máxima del hormigón no supera el 60% de la resistencia característica. En nuestro caso particular, esto significa que la tensión de compresión en valor absoluto no puede superar los 90 MPa. En ninguna situación se llega a superar este límite.

En cuanto al comportamiento para controlar la fisuración por tracciones, la EHE-08 dispone que para hormigón armado y bajo la combinación cuasipermanente la abertura máxima de fisura permitida es igual a 0.2mm para una clase de exposición IIIa (clase de exposición en la

que se encuentra esta estructura). Para el caso de hormigón pretensado dispone que bajo la combinación frecuente se debe cumplir el Estado Límite de Descompresión.

El uso del hormigón de muy alta resistencia y gracias a la presencia de fibras de acero se producen unas mejoras sustanciales en temas de durabilidad como consecuencia de que la red de fisuración se produce con separaciones más bajas y con aberturas de fisura más baja, por lo que los límites impuestos por la EHE-08 pueden resultar excesivamente conservadores para este tipo de estructuras.

Si se supone que todos los elementos, a excepción del cordón inferior, son asimilables a "hormigón armado" se podría permitir una abertura de fisura de 0.2mm. En nuestro caso esto se cumple prácticamente en todos los casos y para una combinación más pésima (la combinación característica), a excepción de un par de situaciones correspondientes a la diagonal traccionada DT-1 en el que se llega a un valor máximo de abertura característica de 0.3mm. Habría que verificar que con la combinación cuasipermanente se reduce este valor a 0.2mm lo cual parece que se cumplirá sin problemas.

Por otra parte, se ha supuesto que la separación entre las fisuras es igual a $2h/3$. La experimentación de este tipo de elementos en laboratorio arroja en muchas ocasiones resultados de separaciones entre fisuras mucho más pequeñas lo cual reduciría la abertura característica de fisura.

1.7.4.2 Flechas

Se deberá verificar que la flecha máxima vertical correspondiente al valor frecuente de la sobrecarga de uso no supera al valor siguiente para pasarelas peatonales $L/1200$.

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso en pasarelas	0,4	0,4	0

Los valores de las flechas (en cm) que producen los diferentes casos de carga en centro-luz a nivel del cordón inferior, tablero y el cordón superior se muestran en la siguiente tabla:

	DEAD	CM	1.05*PRET	0.95*PRET	SC
CORDÓN INFERIOR	7.56	0.17	-9.29	-6.35	8.36
TABLERO	7.39	0.15	-9.96	-6.8	9.21
CORDÓN SUPERIOR	7.15	0.16	-9.6	-6.56	8.38

El límite de flecha para la fracción frecuente de la pasarela es igual a $4350 \text{ cm}/1200 = 3.625 \text{ cm}$

En nuestro caso la fracción frecuente para los tres puntos considerados en la sección de centro luz de la pasarela son iguales a: $.4 \times 8.36 = 3.34 \text{ cm}$; $.4 \times 9.21 = 3.68 \text{ cm}$; $.4 \times 8.38 = 3.35 \text{ cm}$. Tan sólo se excede este límite en la zona del tablero en 0.6mm y se asume como aceptable.

La flecha máxima aproximada que se espera que tenga el tablero se produce a tiempo finito con el siguiente valor:

$$y_{\max} = (7.56 - 6.35 + 0.17) \times (1 + 1.57) + 0.4 \times 8.36 = 6.89 \text{ cm (L/631)}$$

La flecha mínima aproximada se espera que se produzca en el momento de tesar.

Por lo tanto:

$$y_{\min} = 7.56 - .9.29 = -1.73 \text{ cm (L/2514)}$$

1.7.4.3 Vibraciones

En el artículo 51.2 de la EHE-08 se indican las condiciones que han de cumplir las pasarelas. A falta de cálculos más precisos, los criterios de aceleración máxima son admisibles cuando para pasarelas con una frecuencia del primer modo de flexión vertical inferior a 5Hz cumplen con la siguiente limitación:

$$y_e \leq \frac{0,5\sqrt{f_o}}{4\pi^2 f_o^2 k\psi}$$

En nuestro caso,

$$f = 2.1 \text{ Hz}$$

$$k = 1,0 \text{ (viga biapoyada)}$$

$$\psi = 10.15 \text{ (viga de 43,5 m de luz)}$$

Con estas restricciones, la flecha estática producida por un peatón de 750 N situado en el punto de máxima flecha (y_e) es:

$$y_e \leq \frac{0,5\sqrt{f_o}}{4\pi^2 f_o^2 k\psi} = 0.041 \text{ cm}$$

Realizando un análisis en SAP2000, la flecha máxima bajo estas condiciones de carga es:

$$y_e = 0.029 \text{ cm}$$

1.8 Dimensionamiento de los neoprenos

Para el cálculo de los aparatos de apoyo se ha seguido las "Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de los aparatos elastoméricos para puentes de carretera", editado por el M.O.P.U.

Las acciones verticales y de peso propio y carga muerta así como las acciones debidas a la temperatura y sobrecargas serán resistidas por cuatro apoyos de neopreno zunchado, dos en cada estribo. Por su parte, las acciones horizontales son absorbidas en los estribos donde se encuentran coartados los desplazamientos laterales.

Las características mecánicas del apoyo son:

El módulo de elasticidad transversal, G, que se toma de 1000 KN/m². No se considera el instantáneo ya que éste sólo se utiliza para las acciones del viento o sobrecarga, mientras que la deformación del tablero debido a temperatura, retracción y fluencia tiene un carácter permanente

Las solicitaciones necesarias para el dimensionamiento de los neoprenos son las cargas verticales máximas y mínimas, las fuerzas transmitidas a los apoyos, desplazamientos y giros en el eje longitudinal de la pasarela.

El dimensionamiento de los aparatos de apoyo se basa en la limitación de las tensiones tangenciales que se producen en el elastómero a nivel de la unión de la goma con el metal. Estas tensiones son debidas tanto a las fuerzas transmitidas a los aparatos como a los movimientos (desplazamientos y giros) que deben absorber.

Se deben cumplir una serie de limitaciones:

Limitaciones de la tensión tangencial:

1ª Comprobación: $\tau_{H1 \text{ total}} \leq 0.5 \text{ G}$

2ª Comprobación: $\tau_{H \text{ total}} \leq 0.7 \text{ G}$

3ª Comprobación $\tau = \tau_N + \tau_{H \text{ total}} + \tau_{\alpha \text{ total}} < 5\text{G}$

Limitaciones de la tensión media:

4ª Comprobación: $\sigma_m \leq 1500 \text{ t/m}^2$

Condición de no desplazamiento del apoyo de su posición inicial:

5ª Comprobación: $\sigma_m \geq 200 \text{ t/m}^2$

6ª Comprobación: $H \leq f * N$

Donde H es la fuerza horizontal concomitante con la carga vertical N

Además el coeficiente de rozamiento, f, $f = 0,10 + 6/\sigma_m$ vale:

Condición de estabilidad:

7ª Comprobación: $a/10 \leq T \leq a/5$

Condición de no levantamiento:

8ª Comprobación: $\alpha_{ta} = \alpha_T / n \leq 3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G$

$\alpha_{tb} = \alpha_T / n \leq 3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G$

Esta condición asegura que no se produzca separación entre el borde menos cargado del apoyo y el tablero

Espesor de los zunchos:

9ª Comprobación: $e \geq a / S * \sigma_m / \sigma_e$

$$e \geq 2 \text{ mm}$$

donde σ_e es el límite elástico del acero de los zunchos.

Para la obtención de las tensiones tangenciales para las comprobaciones anteriores se seguirá el siguiente procedimiento:

Cargas verticales:

Se tiene

$$\tau_N = \frac{1.5\sigma_m}{S} \quad \text{donde} \quad S = \frac{ab}{2t(a+b)} \quad \text{y} \quad \sigma_m = \frac{N}{ab}$$

N = carga vertical actuante sobre el apoyo.

S = factor de forma de la capa de elastómero considerada.

σ_m = tensión media.

Fuerzas y desplazamientos horizontales:

En el caso en el que se den simultáneamente las dos situaciones siguientes:

La deformación u_1 del apoyo es lenta y conocida. Por tanto:

$$\text{tg } \gamma_1 = \frac{u_1}{T} \quad \text{siendo } T \text{ el espesor total de elastómero.}$$

Se tendrá inmediatamente que:

$$\tau_{H1} = G \text{tg } \gamma_1 = G \frac{u_1}{T}$$

$$\text{y por lo tanto} \quad H_1 = ab\tau_{H1} = Gab \frac{u_1}{T}$$

Dado que transversalmente el movimiento está coartado en el estribo, no va a aparecer una fuerza H_2 . El apoyo está sometido a una fuerza horizontal instantánea H_2 . En este caso se supondrá el módulo de elasticidad transversal G instantáneo vale dos veces el módulo de elasticidad transversal G .

$$\tau_{H2} = 0 \quad \text{tg } \gamma_2 = 0 \quad \text{y} \quad \text{tg } \gamma_2 = 0$$

$$\text{luego} \quad u_2 = \frac{H_2}{2Gab} T = 0$$

Luego,

$$\tau_H = G \text{tg } \gamma = G \frac{u_1 + u_2}{T} = \tau_{H1}$$

es decir:

$$\tau_H = G \frac{u_1}{T}$$

Giros:

Cuando un zuncho gira con respecto a otro zuncho solidario con la misma capa de elastómero la tensión tangencial máxima es:

$$\tau_\alpha = \frac{G}{2} \left(\frac{a}{t} \right)^2 \alpha_t \quad \text{donde} \quad \alpha_t = \frac{\alpha_T}{n} \quad \text{siendo } \alpha_T \text{ el giro total que debe absorber el apoyo}$$

expresado en radianes.

La rotación de un aparato de apoyo puede ser debida al funcionamiento de la estructura o también a un defecto de falta de paralelismo inicial entre el tablero y la pila o estribo.

$$\text{El valor del momento de reacción } M \text{ viene dado por: } M = G \frac{\alpha_T a^5 b}{n t^3 K_2}$$

Para tener en cuenta las posibles faltas de paralelismo entre el tablero y la pila o estribo se tomará $\alpha_T = \alpha_0 + \alpha$, donde α es la rotación obtenida en los cálculos, y para α_0 se tomará: $\alpha_0 = 10/1000 \text{ rad}$.

Los aparatos de apoyo se van a dimensionar para la combinación característica en servicio. En el caso de la temperatura, los aparatos de apoyo se dimensionan según la IAP-2011 para:

	Valores diseño neoprenos
$\Delta T, \text{max}$	49.28
$\Delta T, \text{min}$	-27.6

Otro de los fenómenos que contribuye a los desplazamientos de los apoyos es la retracción. Si suponemos una retracción desde el momento en el que la pasarela se coloca en los apoyos hasta tiempo infinito del 0.6 por mil podemos simular el acortamiento sufrido por la pasarela debido a la retracción de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} N &= EA\varepsilon \\ N &= EA\alpha\Delta T \end{aligned} \rightarrow \Delta T = \frac{\varepsilon}{\alpha}$$

Siendo $\varepsilon = 0.0003$ y $\alpha = 0.000011$

La retracción supone un acortamiento de la estructura con un axil ficticio que se puede considerar uniforme en cada una de las barras de valor

$$\Delta T = \frac{\varepsilon}{\alpha} = -27,27^\circ \text{ C}$$

Se trata de un incremento de temperatura que provoca el acortamiento y por tanto lo podemos sumar a ΔT_{min} .

Por tanto, la acción de temperatura para la que se dimensionan los neoprenos resulta la siguiente:

	Valores diseño neoprenos
ΔT_{max} (°C)	49.28
ΔT_{min} (°C)	-54.9

El axil máximo se obtiene del peso propio y sobrecarga, mientras que el mínimo se obtiene de la combinación de peso propio y viento vertical sin la actuación de la sobrecarga.

Los cuatro neoprenos se dimensionan de la misma manera, de tal forma que se muestran las combinaciones más desfavorables según hipótesis de cálculo en el aparato de apoyo más desfavorable para cada situación.

La rigidez de los muelles inicial considerada ha sido

Rigidez vertical = 229900 KN/m

Rigidez transversal = 1081 KN/m

Las reacciones y desplazamiento en combinación característica se muestran en la siguiente tabla:

	Nmax	Nmin	Umax (mm)	Φ_{xmax} (mrad)
DEAD	161.8	159.11	3.3	1.1
CM	4.5	0	0	0
Δ PRET	0	0	2.7	0
SC	171.0	172.1	3.8	1.4
SC1	161.2	9.8	2.7	2.2
VH	54.4	-54.4	1.4	1.2
VV	-13.4	-37.5	0.7	0.4
TMAX	0	0	10.8	0.1

TMIN	0	0	-11.9	0.2
------	---	---	-------	-----

Combinación para axil máximo

	N	U (mm)	Φ (mrad)
DEAD	1	1	1
CM	1	1	1
Δ PRET	1	1	1
SC	1	1	1
SC1	0	0	0
VH	0.3	0.3	0.3
VV	-0.3	-0.3	-0.3
TMAX	0	0	0
TMIN	0	0	0
	Nmax/min (KN)	U(mm)	Φ_x (mrad)
	357,64/303.64	10.43	2.7

Combinación para axil mínimo

	N	U (mm)	Φ_x (mrad)
DEAD	1	1	1
CM	1	1	1
Δ PRET	1	1	1
SC	0	0	0
SC1	0	0	0
VH	1	1	1
VV	1	1	1
TMAX	0	0	0

TMIN	0	0	0
	Nmax/min(KN)	U (mm)	Φx(mrad)
	207.3/67.21	8.1	2.7

Combinación para desplazamiento máximo

	N	U(mm)	Φx (mrad)
DEAD	1	1	1
CM	1	1	1
ΔPRET	1	1	1
SC	0.3	0.3	0.3
SC1	0	0	0
VH	0	0	0
VV	0	0	0
TMAX	1	1	1
TMIN	0	0	0
	Nmax/min (KN)	U (mm)	Φx(mrad)
	217.6/210.74	15.24	1.62

El aparato de apoyo considerado ha sido el siguiente

200 x 250 x 4 (8 + 3) tipo A

La rigidez longitudinal de que introduce cada apoyo al movimiento horizontal es:

$$K = \frac{0.8 * 0.2 * 0.25}{0.037} = 1081 \text{ KN/m}$$

$$T = 4 * 8 + 5 = 37 \text{ mm}$$

HIPÓTESIS 1 (Axil máximo)

Nmax/min (KN)	U(mm)	Φx (mrad)
357,64/303.64	10.43	2.7

1ª Comprobación $\tau_{H1 \text{ total}} \leq 0.5 G = 0.5 \text{ MPa}$ **Ok**

$$\tau_{H1 \text{ total}} = 0.28 \text{ MPa}$$

2ª Comprobación (No necesaria)

3ª Comprobación $\sigma_m \leq 15 \text{ MPa}$ **Ok**

$$\sigma_m = 7.15 \text{ MPa}$$

4ª Comprobación $\sigma_m \geq 1 \text{ MPa}$ **Ok**

5ª Comprobación $a/10 \leq T \leq a/5$ **Ok**

6ª Comprobación

$$\alpha_{ta} = \alpha_t / n \leq 3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G \text{ **Ok**}$$

$$\alpha_{ta} = 0,00051$$

$$3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G = 0,298$$

7ª Comprobación

$$\tau = \tau_N + \tau_{H \text{ total}} + \tau_{\alpha \text{ total}} < 5G = 4 \text{ MPa} \text{ **Ok**}$$

$$\tau = 2.61 \text{ MPa}$$

8ª Comprobación

$$e \geq a / S * \sigma_m / \sigma_e \text{ **Ok**}$$

$$e \geq 2 \text{ mm} \text{ mm **Ok**}$$

$$a / S * \sigma_m / \sigma_e = 0,749$$

HIPÓTESIS 2 (Axil mínimo)

Nmax/min(KN)	U (mm)	Φx(mrad)
207.3/67.21	8.1	2.7

1ª Comprobación $\tau_{H1 \text{ total}} \leq 0.5 G = 0.5 \text{ MPa}$ **Ok**

$$\tau_{H1 \text{ total}} = 0.18 \text{ MPa}$$

2ª Comprobación (No necesaria)

3ª Comprobación $\sigma_m \leq 15 \text{ MPa}$ **Ok**

$\sigma_m = 4.14 \text{ MPa}$

4ª Comprobación $\sigma_m \geq 1 \text{ MPa}$ **Ok**

$\sigma_m = 1.34 \text{ MPa}$

5ª Comprobación $a/10 \leq T \leq a/5$ **Ok**

6ª Comprobación

$\alpha_{ta} = \alpha_T / n \leq 3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G$ **Ok**

$\alpha_{ta} = 0,00051$

$3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G = 0,173$

7ª Comprobación

$\tau = \tau_N + \tau_{H \text{ total}} + \tau_{\alpha \text{ total}} < 5G = 4 \text{ MPa}$ **Ok**

$\tau = 1.67 \text{ MPa}$

8ª Comprobación

$e \geq a / S * \sigma_m / \sigma_e$ **Ok**

$e \geq 2 \text{ mm}$ **mm Ok**

$a / S * \sigma_m / \sigma_e = 0,434$

HIPÓTESIS 3 (Desplazamiento máximo)

Nmax/min (KN)	U (mm)	Φ_x (mrad)
217.6/210.74	15.24	1.62

1ª Comprobación $\tau_{H1 \text{ total}} \leq 0.5 G = 0.5 \text{ MPa}$ **Ok**

$\tau_{H1 \text{ total}} = 0.41 \text{ MPa}$

2ª Comprobación (No necesaria)

3ª Comprobación $\sigma_m \leq 15 \text{ MPa}$ **Ok**

$\sigma_m = 6.74 \text{ MPa}$

4ª Comprobación $\sigma_m \geq 1 \text{ MPa}$ **Ok**

5ª Comprobación $a/10 \leq T \leq a/5$ **Ok**

6ª Comprobación

$\alpha_{ta} = \alpha_T / n \leq 3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G$ **Ok**

$\alpha_{ta} = 0,0005$

$3 / S * t^2 / a^2 * \sigma_m / G = 0,281$

7ª Comprobación

$\tau = \tau_N + \tau_{H \text{ total}} + \tau_{\alpha \text{ total}} < 5G = 4 \text{ MPa}$ **Ok**

$\tau = 2.64 \text{ MPa}$

8ª Comprobación

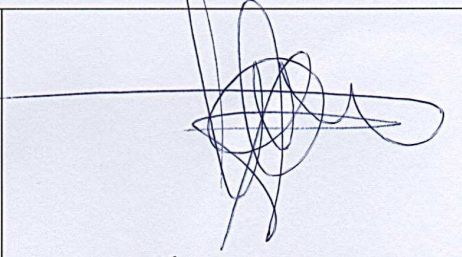
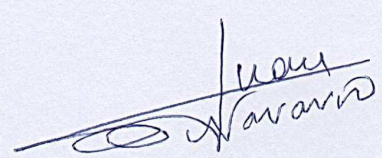
$e \geq a / S * \sigma_m / \sigma_e$ **Ok**

$e \geq 2 \text{ mm}$ **mm Ok**

$a / S * \sigma_m / \sigma_e = 0,706$

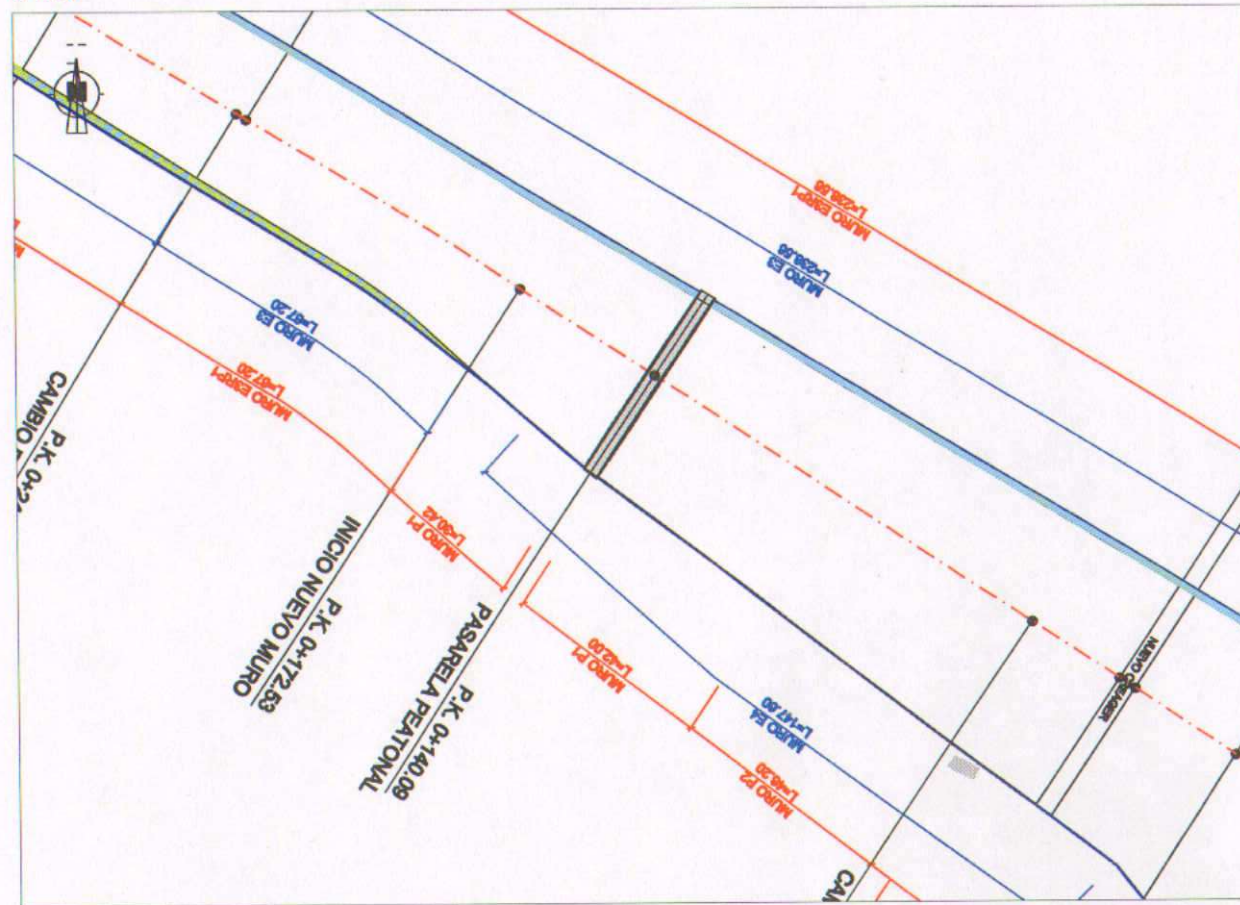
Valencia, Marzo 2012

Los autores del Proyecto

 Fdo: Pedro Serna Ros	 Fdo: Juan Ángel López Martínez
 Fdo: Juan Navarro Gregori	 Fdo: Esteban Camacho Torregrosa

PLANOS

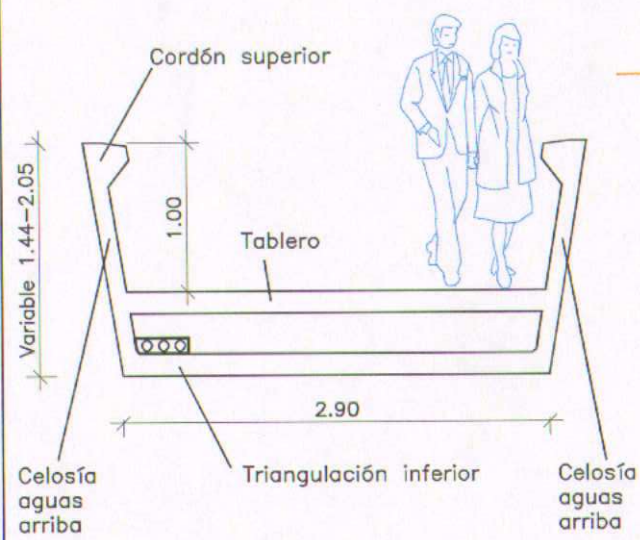
Situación Pasarela
1/1500



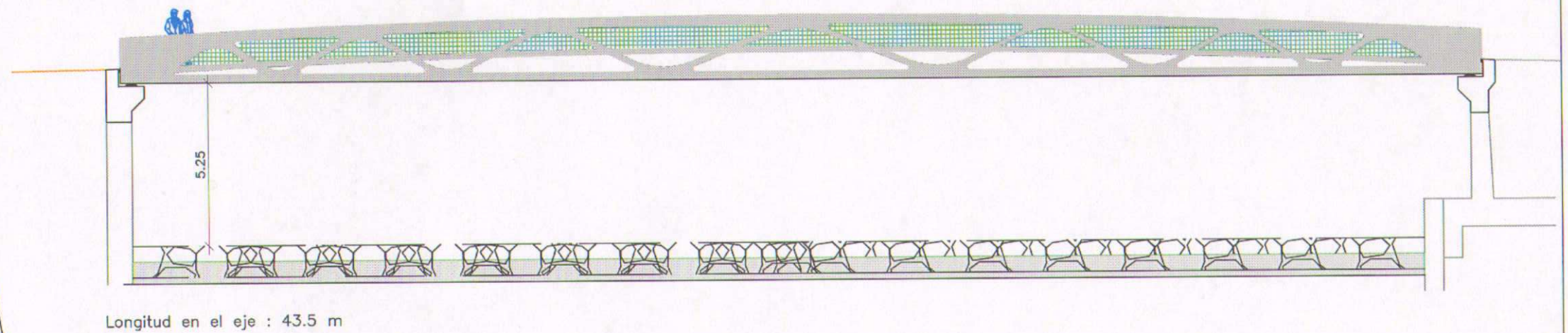
Planta
1/500



Sección 1-1'
1/50



Vista A
1/170



Pedro Serna Ros (ICCP)

Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)

Juan Ángel López Martínez (ICCP)

Juan Navarro Gregori (ICCP)

ESCALA: Varias

GRÁFICA:

TÍTULO:

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OYEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOLCADURA) (ALICANTE)"

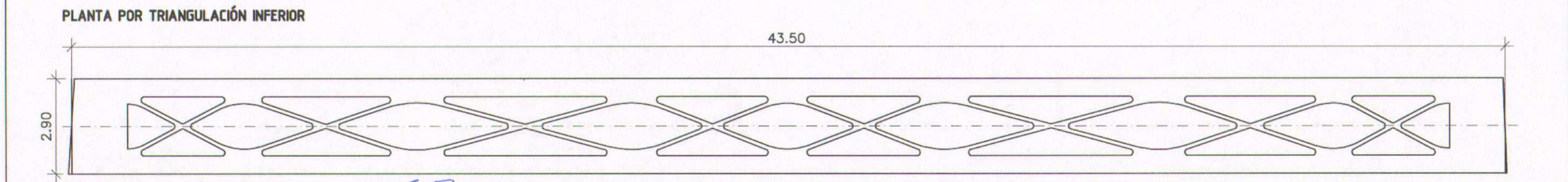
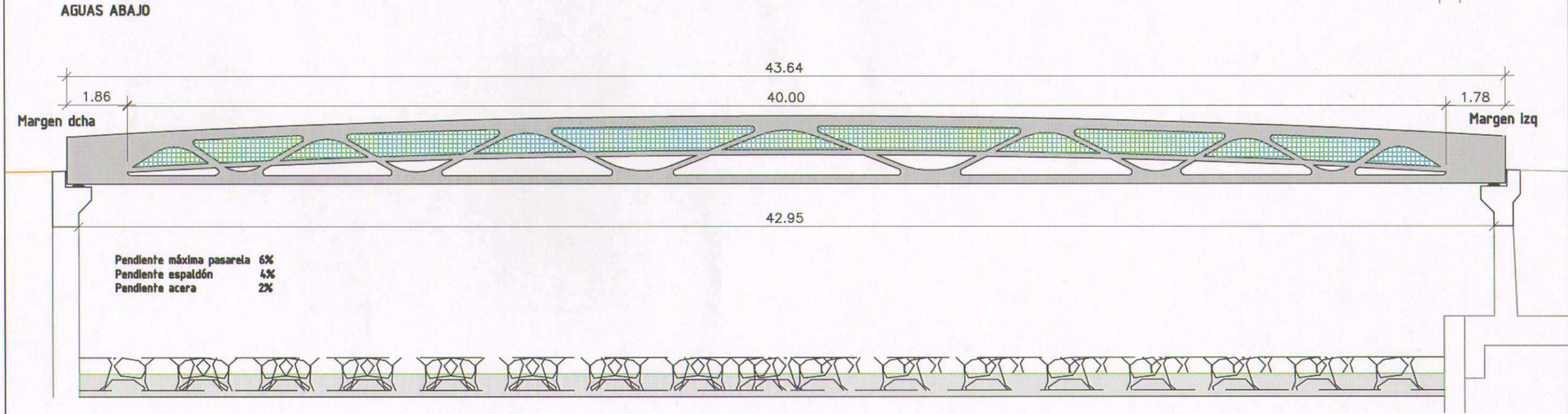
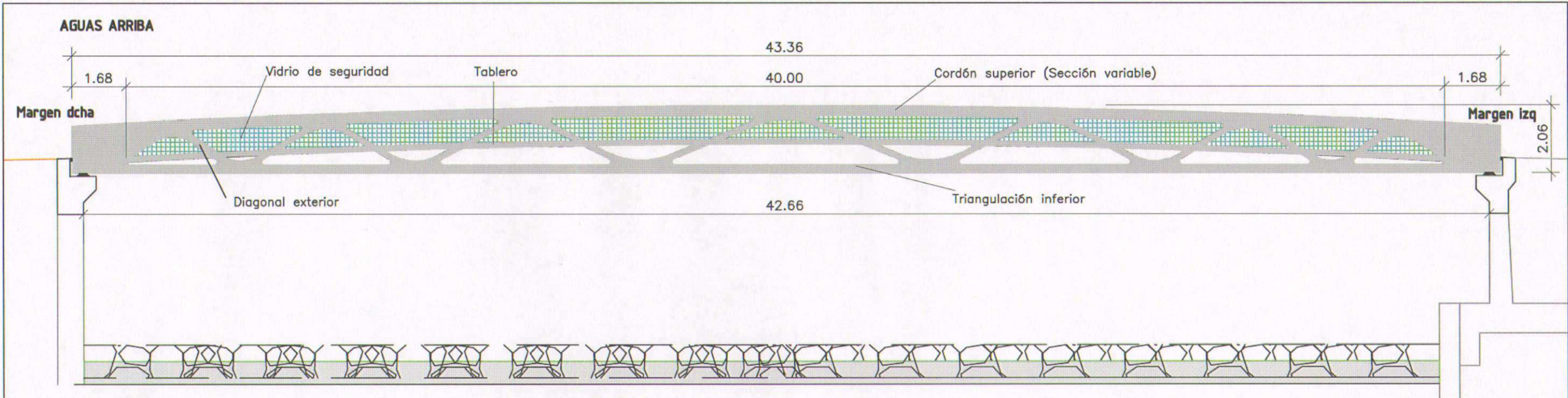
FECHA: Mayo 2012

DESIGNACIÓN:

Planta y alzado general

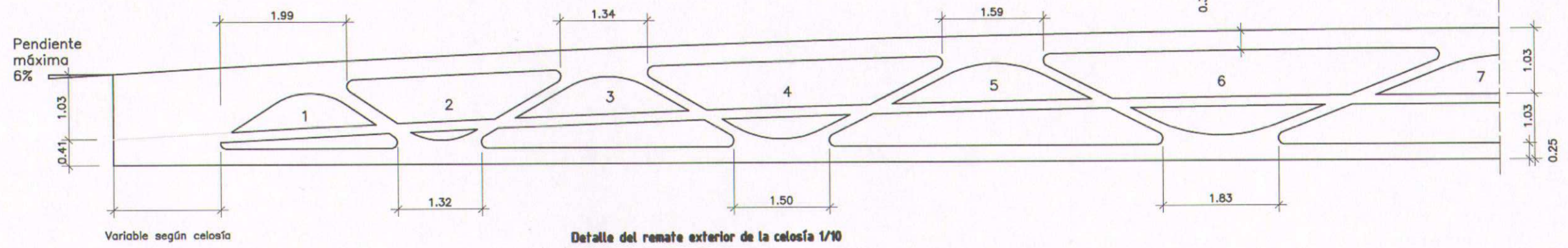
PLANO Nº:

01



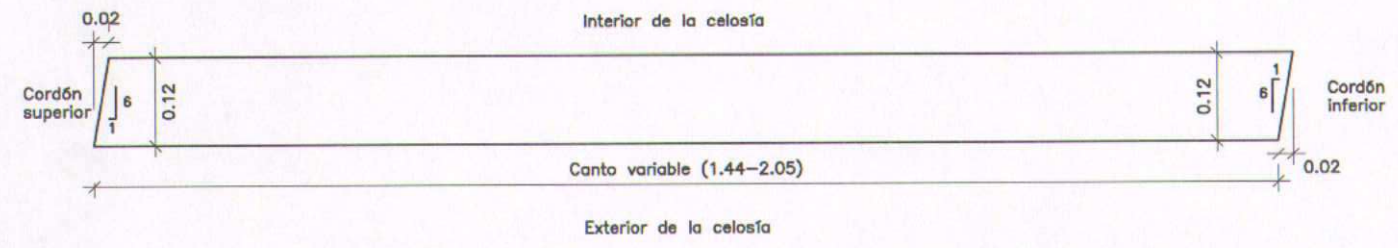
	 Pedro Serna Rós (ICCP)	 Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)	ESCALA: 1/125 GRÁFICA:	TÍTULO: PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOCADURA) (ALICANTE)"	FECHA: Mayo 2012	PLANO Nº: 02
	 Juan Ángel López Martínez (ICCP)	 Juan Navarro Gregori (ICCP)	DESIGNACIÓN: Alzados y Planta			

Posicionamiento de los aligeramientos
1/75



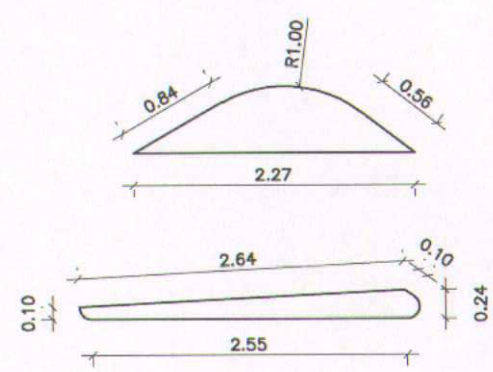
NOTA: El tablero y el cordón superior describen una parábola con una pendiente inicial del 6%, creciendo hasta centro luz con un incremento de altura de 62 cm y tangente horizontal

Detalle del remate exterior de la celosía 1/10

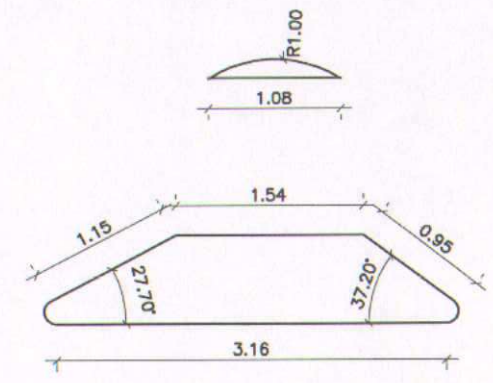


Geometría aligeramientos
1/60

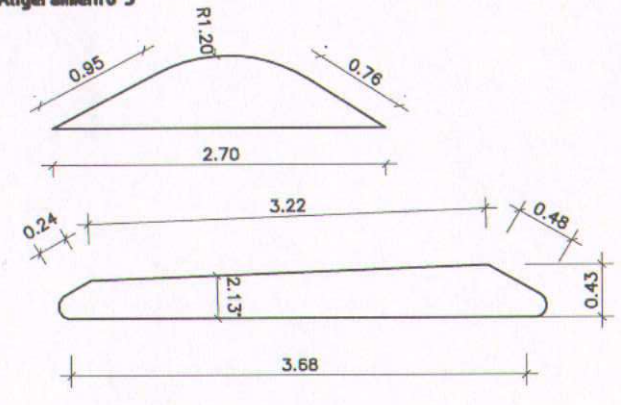
Aligeramiento 1



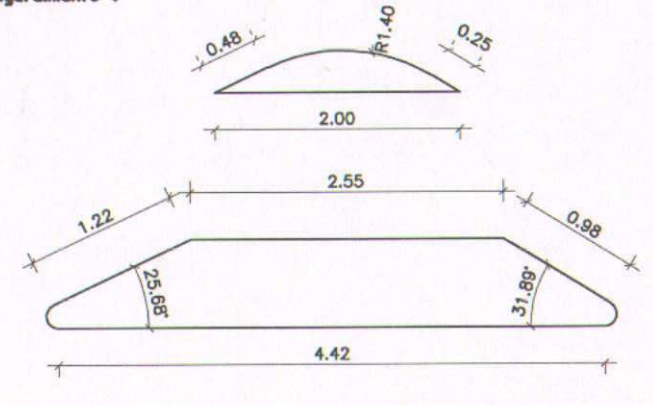
Aligeramiento 2



Aligeramiento 3

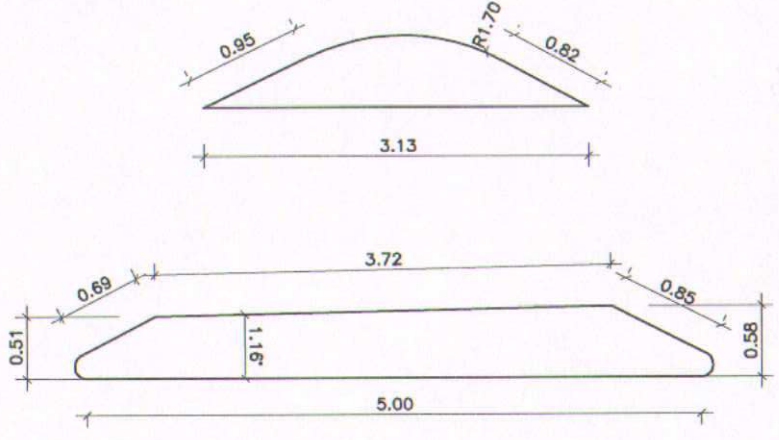


Aligeramiento 4

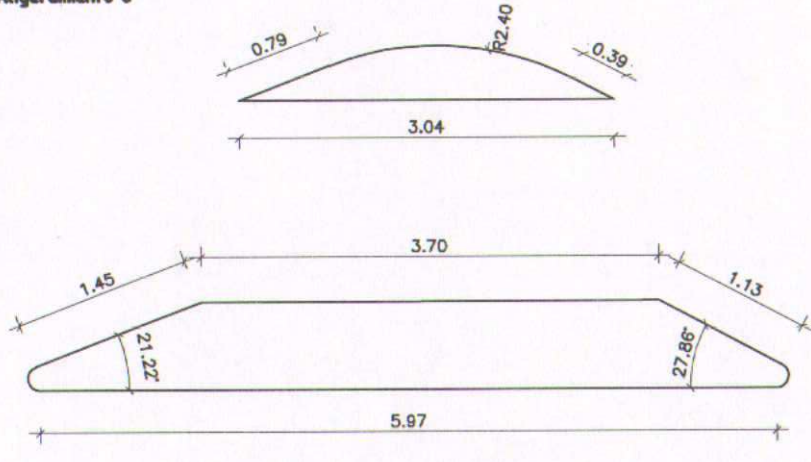


NOTA: Los radios de las circunferencias no acotadas son de 0.1 m

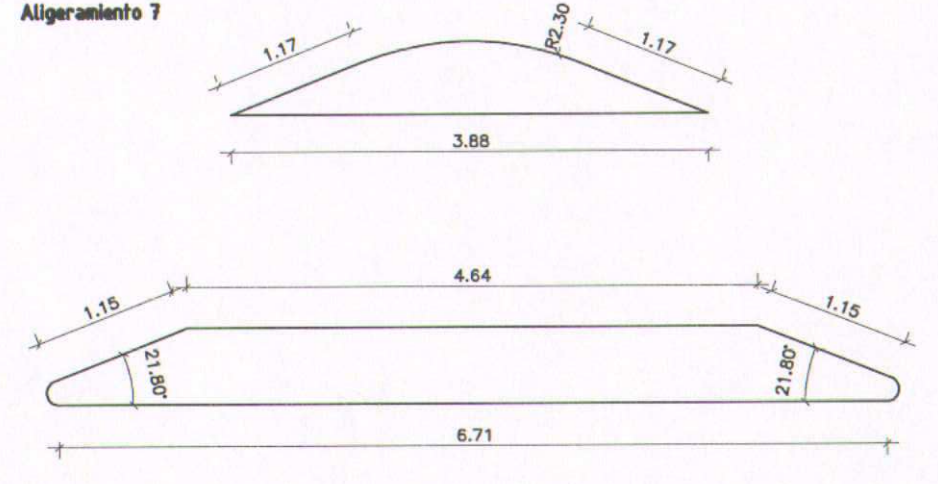
Aligeramiento 5



Aligeramiento 6



Aligeramiento 7



Pedro Serna Ros (ICCP)

Juan Ángel López Martínez (ICCP)

Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)

Juan Navarro Gregori (ICCP)

ESCALA: Varias
GRÁFICA:

TÍTULO:
PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOLCADURA) (ALICANTE)"

FECHA: Mayo 2012

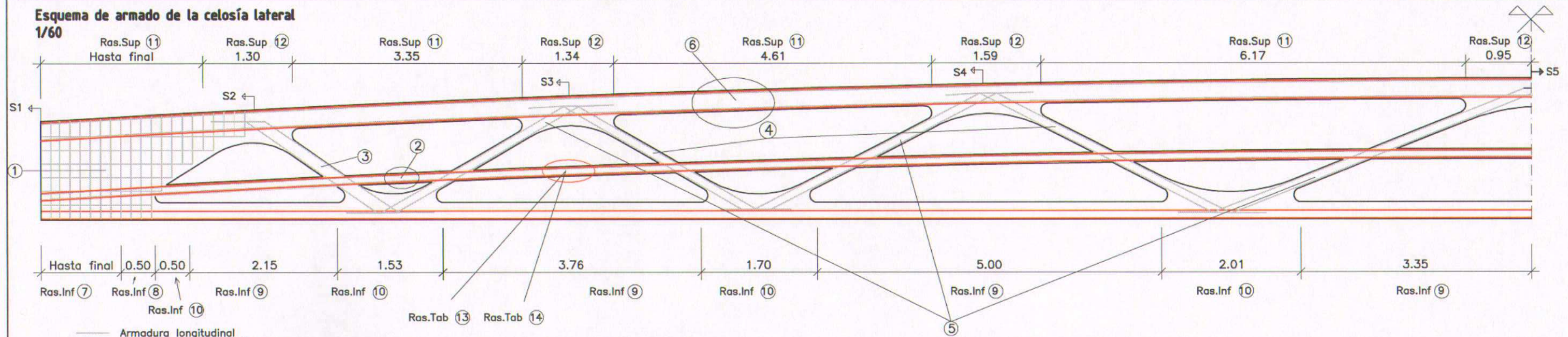
DESIGNACIÓN:
Fase 1. Geometría Celosías

PLANO Nº:

03

Esquema de armado de la celosía lateral

1/60

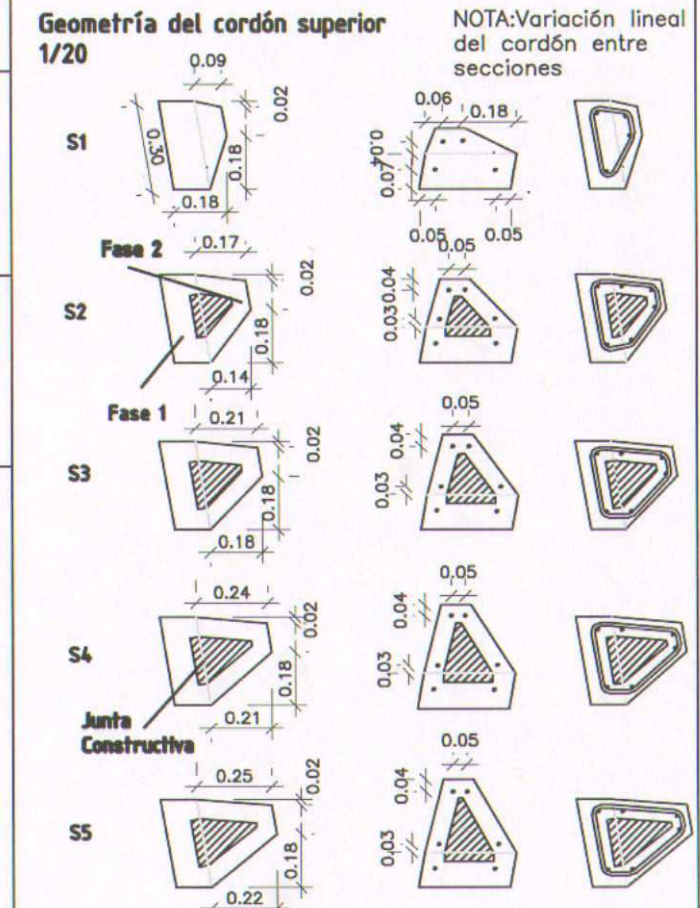


NOTA: El grupo ③ está localizado a lo largo de toda la viga longitudinal del tablero. El grupo ④ se encuentra en cada rigidizador transversal

NOTA: El aligeramiento del cordón superior se dispondrá en las regiones "Ras.Sup ①". Su dimensión será el máximo que garantice un recubrimiento de 2 cm

Tipo	Rec. geométrico (mm)	Armado	Sección	L.anclaje (cm)	L.solape (cm)
①	20	2xmallas $\phi 10$ #15X20		-	-
②	27	4 $\phi 10$		-	60
③	20	4 $\phi 20$		50	-
④	20	4 $\phi 20$		50	-
⑤	20	4 $\phi 20$		50	-
⑥	-	2 $\phi 12$		-	60

Tipo	Rec. geométrico (mm)	Armado	Sección, armado y geometría	NOTA
⑦	30	4c12/7.5		Radio de doblado: 18 mm *L1: En la zona de macizado **L2: en el resto de la viga
⑧	30	2c12/7.5		
⑨	30	2c12/30		
⑩	30	2c12/15		
⑪	20	2c12/15		Radio de doblado: 18 mm Variable a lo largo del cordón superior
⑫	20	2c12/30		
⑬	15	2c10/30		Radio de doblado: 18 mm Se muestra la unión con el tablero
⑭	15	4c10		Se dejan 50 cm para el anclaje y empalme de la armadura



CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

PASARELA	HP-150/(AC-E3/AC-V2)/2/IIa
- ESTRUCTURA PRIMARIA	HA-135/(AC-E3/AC-V2)/2/IIa
- TABLERO	HA-30/B/20/IIa
HORMIGÓN EN ESTRIBOS	B 500 SD
ACERO PASIVO	$\phi 15.2$ mm
ACERO ACTIVO	Y1860S7

NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN

PASARELA	INTENSO
ESTRIBOS	INTENSO

COEFICIENTES DE MAYORACION DE ACCIONES

SEGUN IAP 2011



Pedro Serna Ros (ICCP)
 Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)
 Juan Ángel López Martínez (ICCP)
 Juan Navarro Gregori (ICCP)

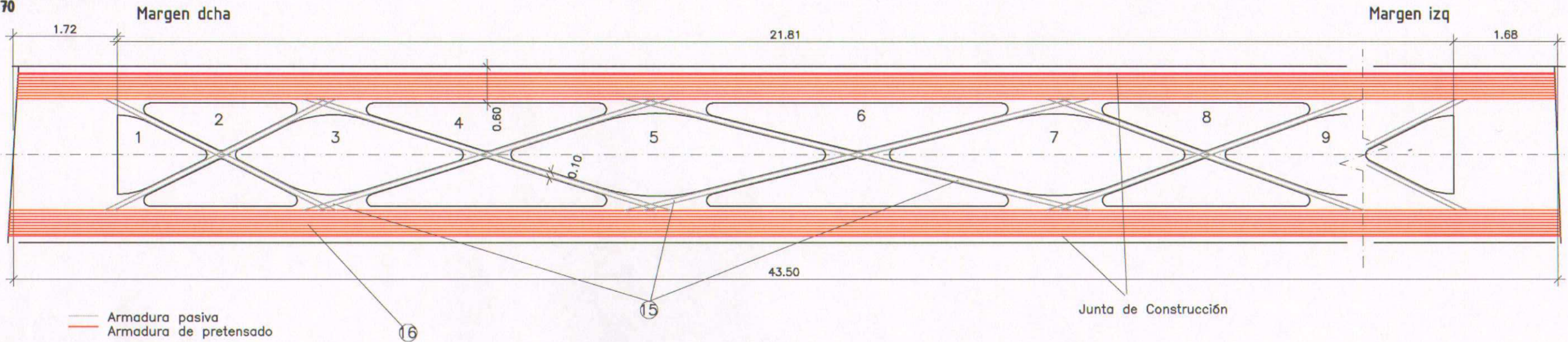
ESCALA: Varias
 GRÁFICA:

TÍTULO:
 PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEBOCADURA) (ALICANTE)"

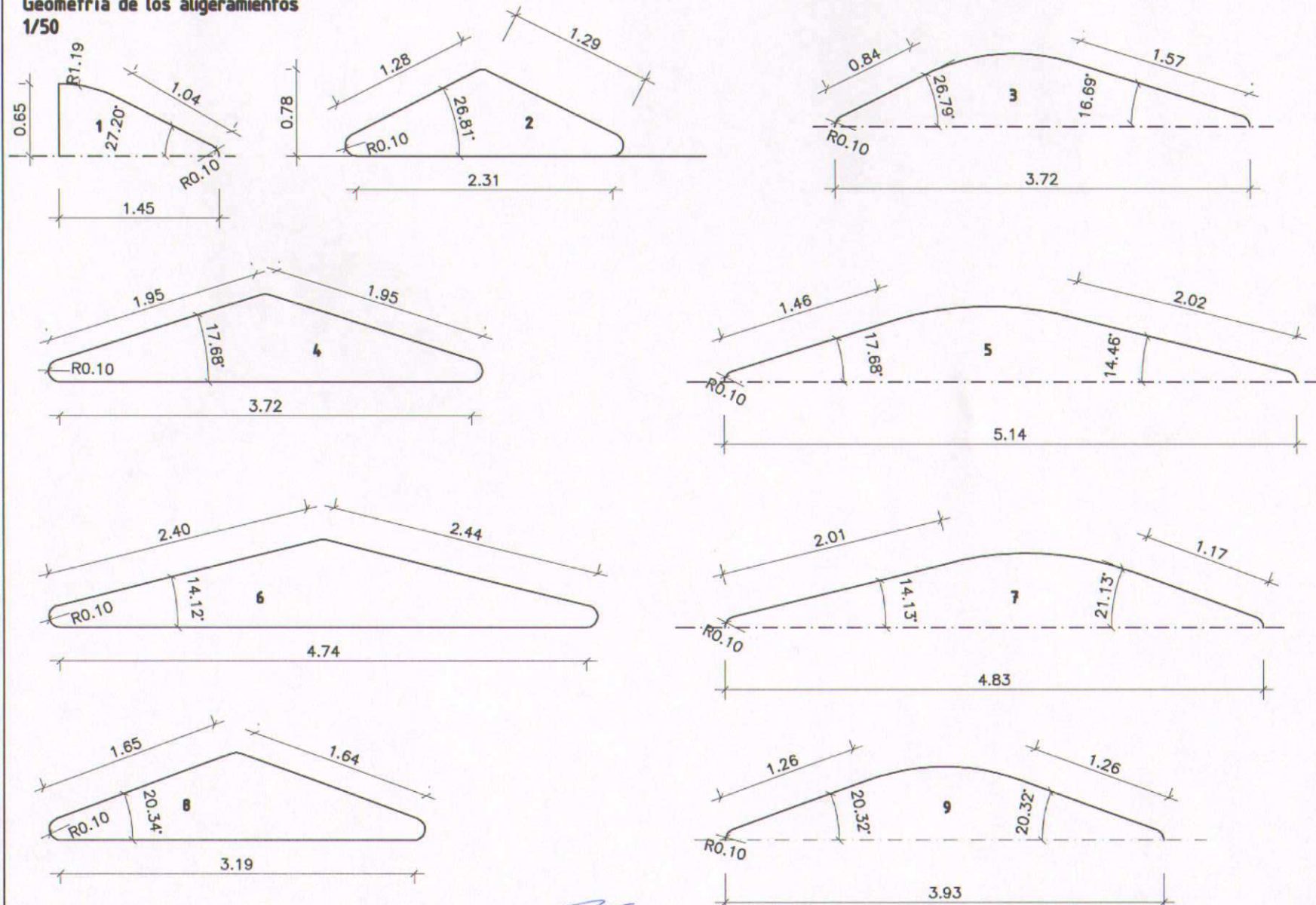
FECHA: Mayo 2012
 DESIGNACIÓN:
 Fase 1 y 2. Celosías laterales

PLANO Nº:
 04

Geometría y armado celosía inferior
1/70



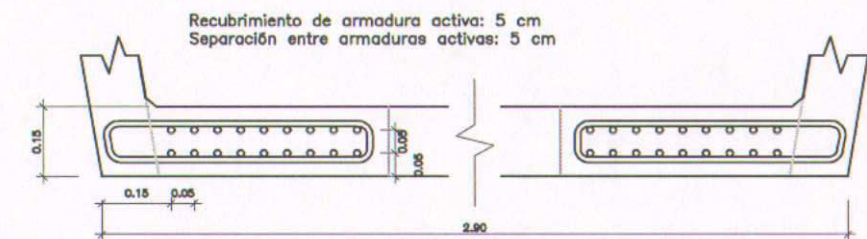
Geometría de los aligeramientos
1/50



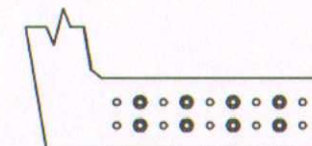
Armadura pasivo

Tipo	Rec. geométrico (mm)	Armado	Sección	Lancilaje (cm)	L.solape (cm)
15	20	4φ10		25	-

Armadura activa



Envainado



Tipo	Envainado* (m)
○	Sin envainado
●	0.6

* Medidas a partir del eje longitudinal de la celosía inferior

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

PASARELA
- ESTRUCTURA PRIMARIA HP-150/(AC-E3/AC-V2)/2/IIa
- TABLERO HA-135/(AC-E3/AC-V2)/2/IIa
HORMIGÓN EN ESTRIBOS HA-30/B/20/IIIa
ACERO PASIVO B 500 SD
ACERO ACTIVO Y1860S7 φ15.2 mm

NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN

NIVEL DE CONTROL

PASARELA INTENSO
ESTRIBOS INTENSO

COEFICIENTES DE MAYORACION DE ACCIONES

SEGÚN IAP 2011



Pedro Serna Ros (ICCP)

Juan Ángel López Martínez (ICCP)

Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)

Juan Navarro Gregori (ICCP)

ESCALA: Varias

GRÁFICA:

TÍTULO:

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOLCADURA) (ALICANTE)"

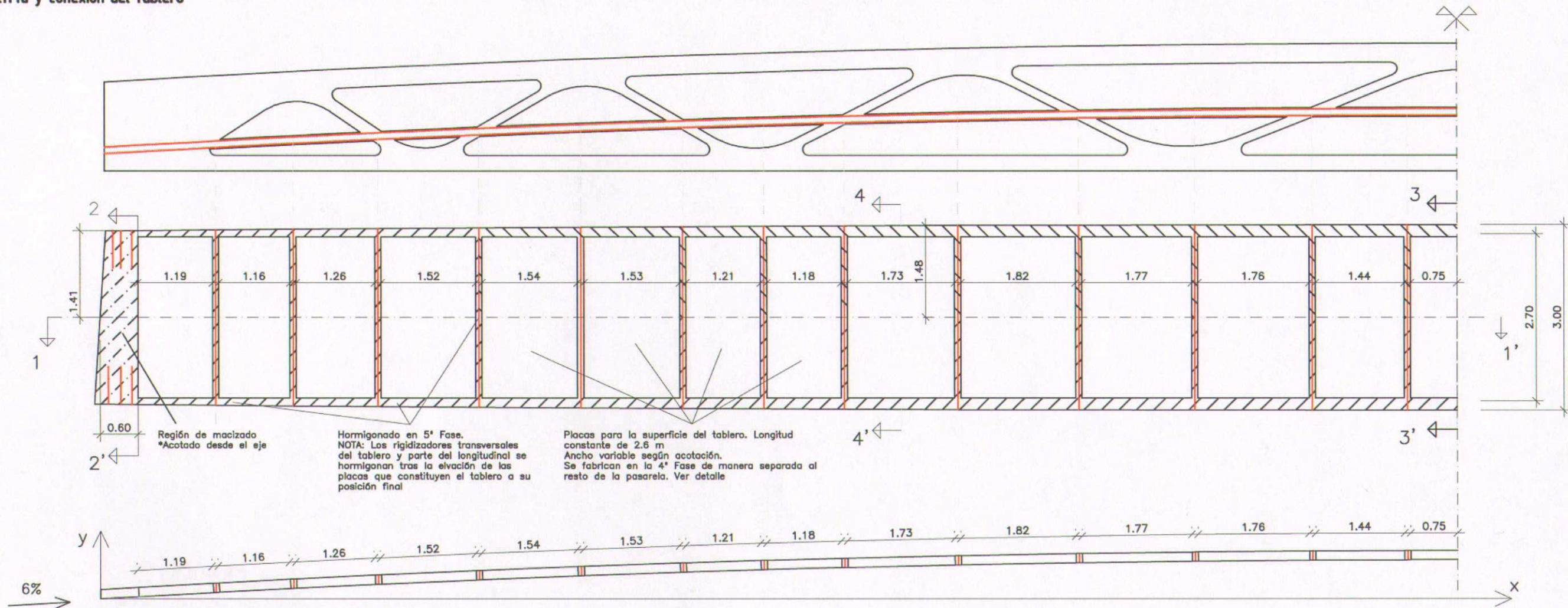
FECHA: Mayo 2012

DESIGNACIÓN:
Fase 3. Celosía inferior y pretensado

PLANO Nº:

05

Geometría y conexión del tablero
1/70



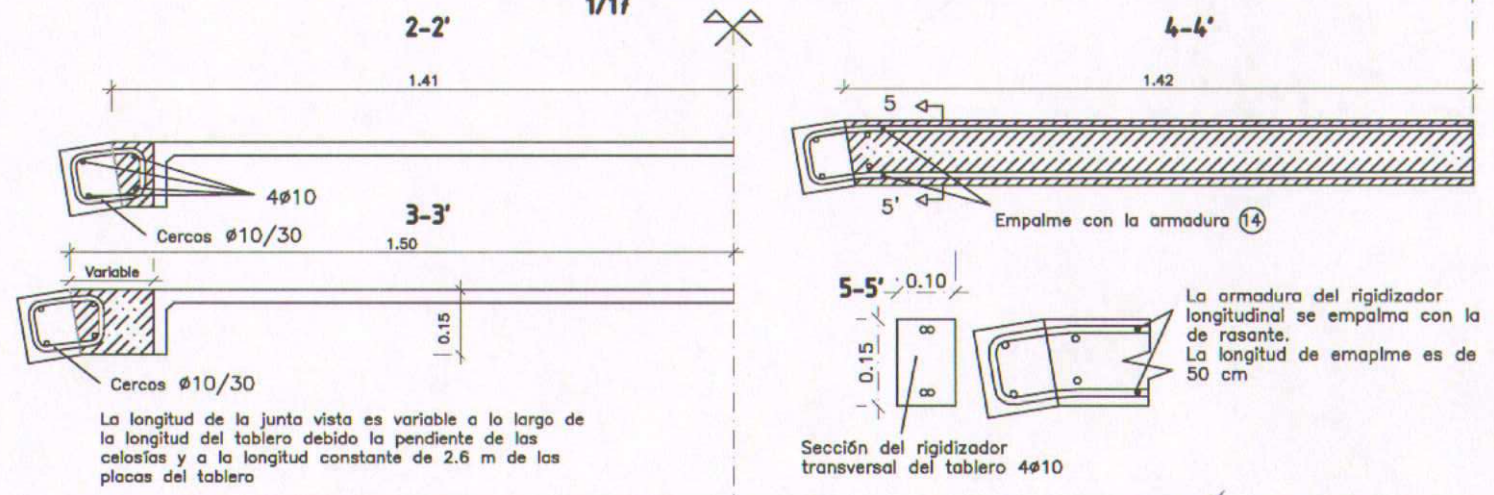
Región de macizado *Acotado desde el eje

Hormigonado en 5ª Fase. NOTA: Los rigidizadores transversales del tablero y parte del longitudinal se hormigonan tras la elevación de las placas que constituyen el tablero a su posición final

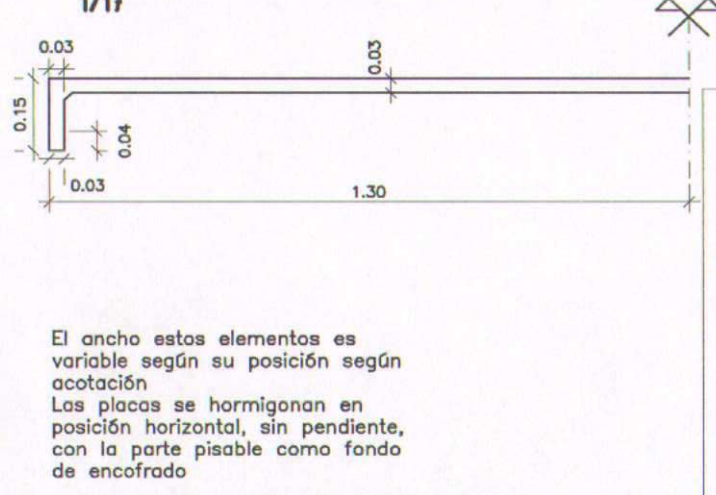
Placas para la superficie del tablero. Longitud constante de 2.6 m Ancho variable según acotación. Se fabrican en la 4ª Fase de manera separada al resto de la pasarela. Ver detalle

x (m)	0.00	0.60	1.84	3.10	4.45	6.07	7.71	9.34	10.64	11.92	13.75	15.68	17.55	19.41	20.96	21.75
y (m)	0.15	0.18	0.25	0.32	0.39	0.46	0.52	0.58	0.62	0.66	0.70	0.73	0.76	0.77	0.78	0.78

Secciones transversales del tablero
1/17



Placa prefabricada para el tablero
1/17



El ancho estos elementos es variable según su posición según acotación
Las placas se hormigonan en posición horizontal, sin pendiente, con la parte pisable como fondo de encofrado

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

PASARELA	HP-150/(AC-E3/AC-V2)/2/IIa
- ESTRUCTURA PRIMARIA	HP-150/(AC-E3/AC-V2)/2/IIa
- TABLERO	HA-135/(AC-E3/AC-V2)/2/IIa
HORMIGON EN ESTRIBOS	HA-30/B/20/IIIa
ACERO PASIVO	B 500 SD
ACERO ACTIVO	Y1860S7 φ15.2 mm
NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN	
NIVEL DE CONTROL	
PASARELA	INTENSO
ESTRIBOS	INTENSO
COEFICIENTES DE MAYORACION DE ACCIONES	
SEGÚN IAP 2011	



Pedro Serna Ros (ICCP)

Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)

Juan Ángel López Martínez (ICCP)

Juan Navarro Gregori (ICCP)

ESCALA: Varias
GRÁFICA:

TÍTULO:
PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOCADURA) (ALICANTE)"

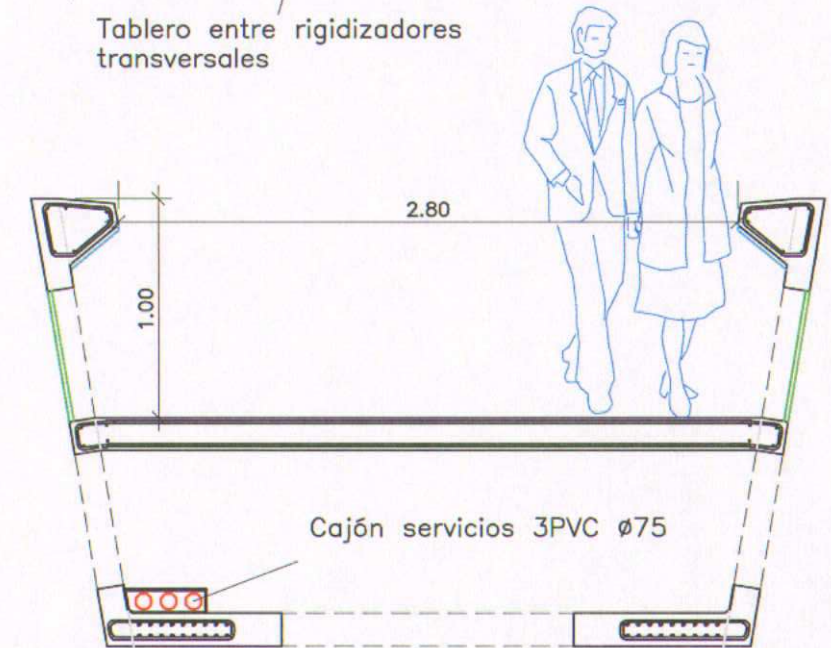
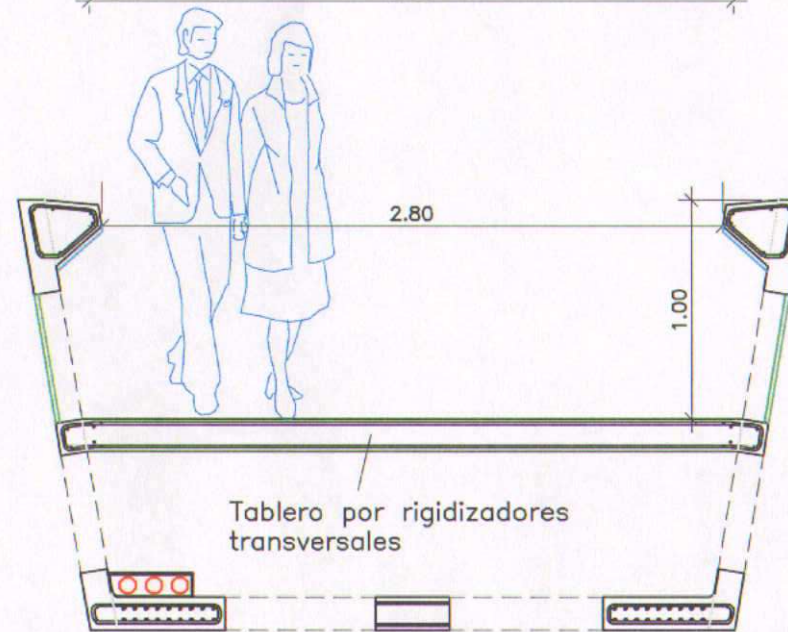
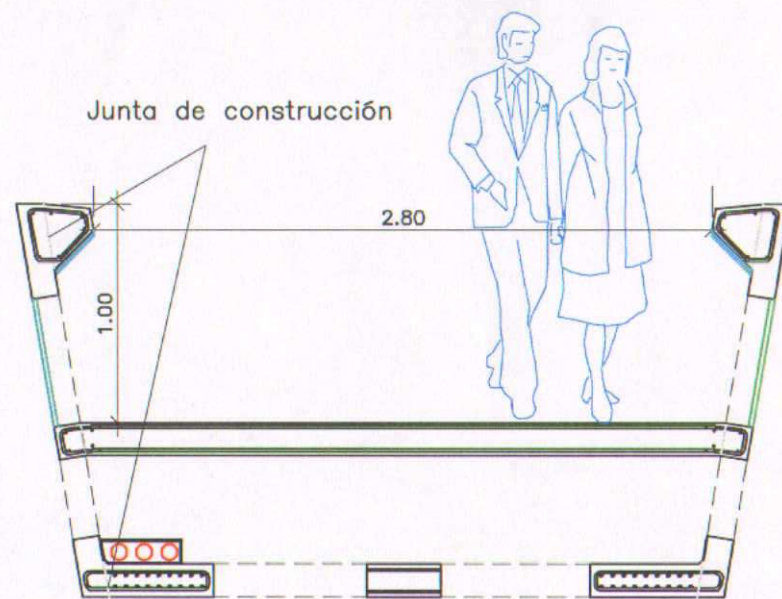
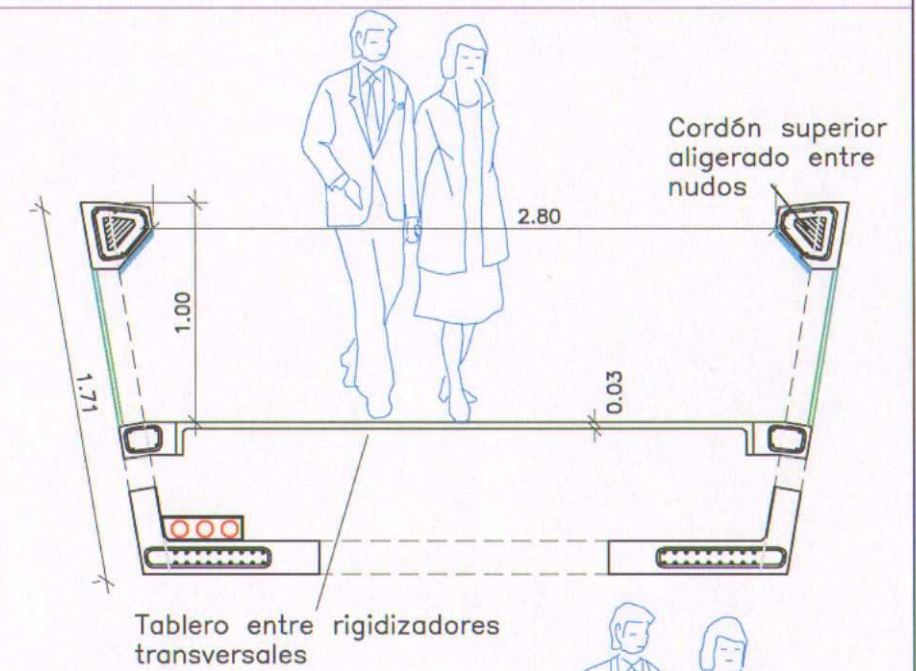
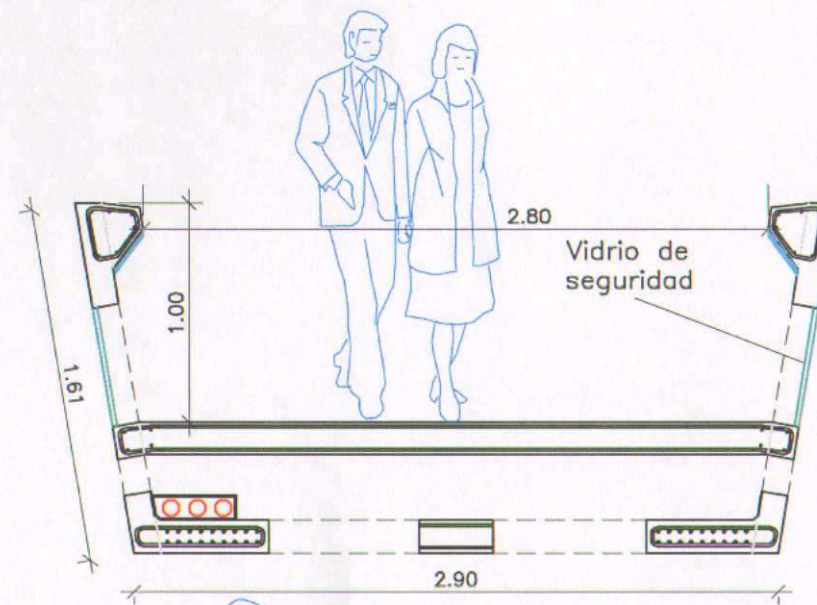
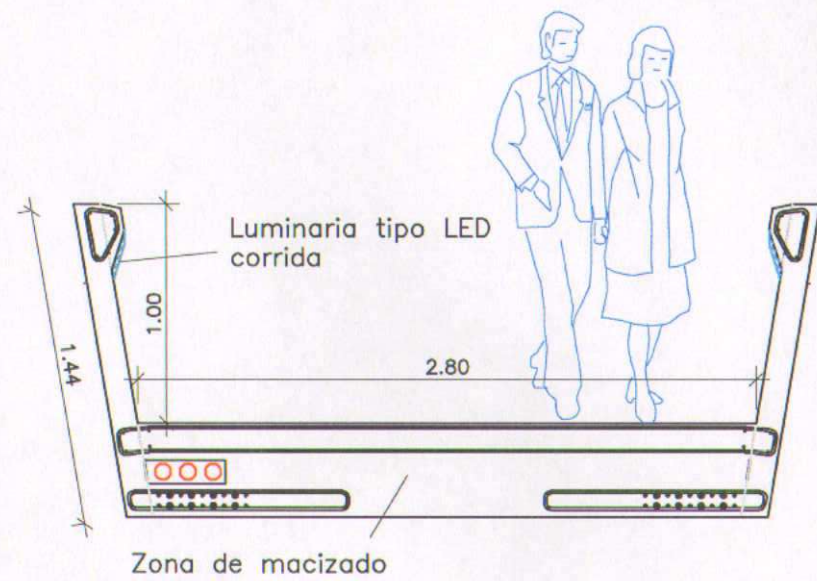
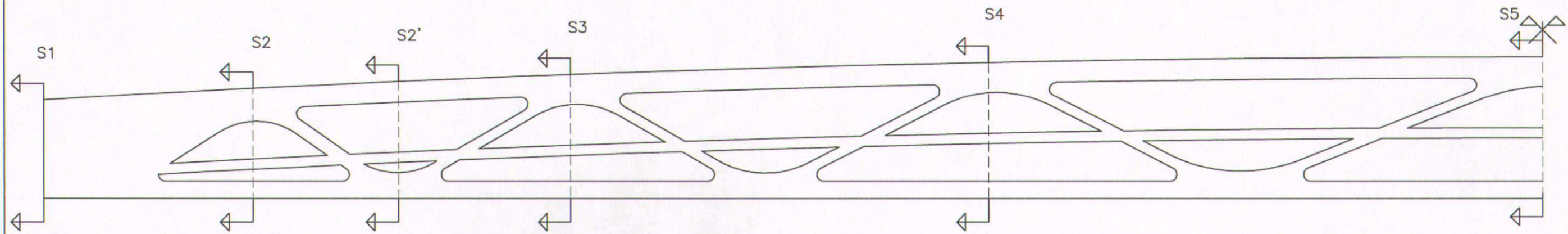
FECHA: Mayo 2012

DESIGNACIÓN:
Fase 4. Tablero

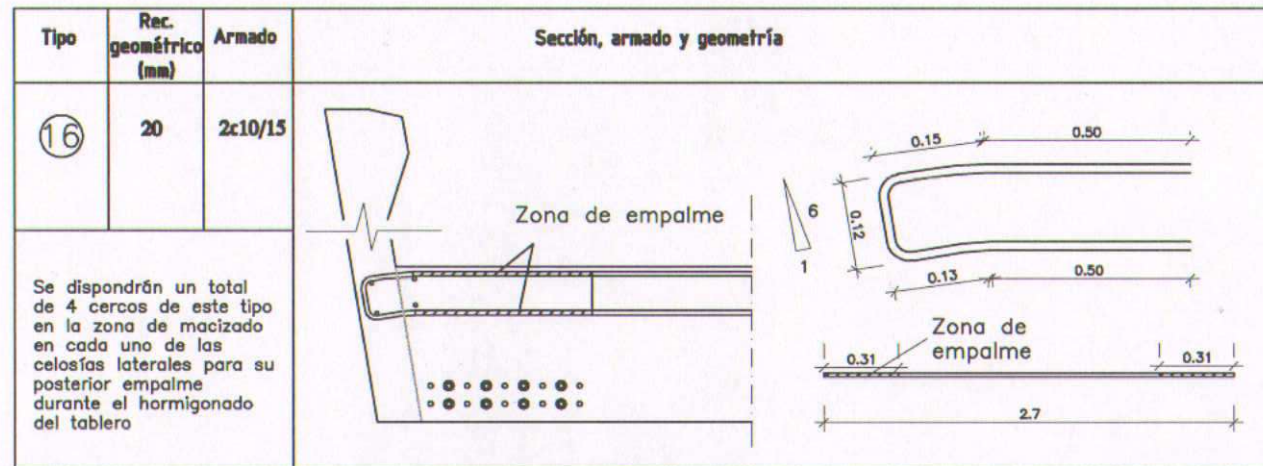
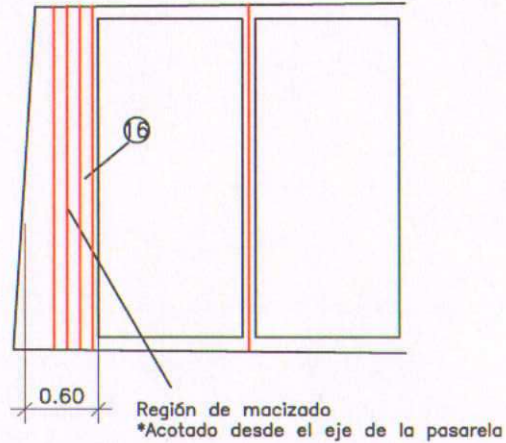
PLANO Nº:

06

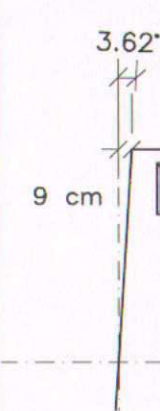
Secciones transversales
1/33



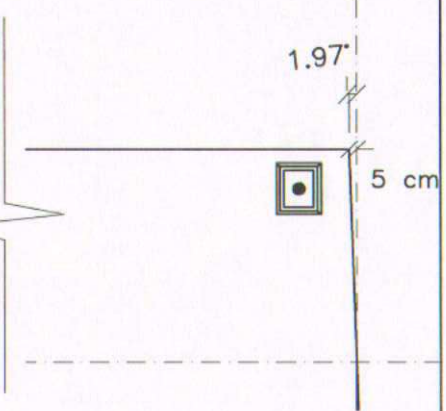
Armado y macizado en zona de apoyo de la pasarela
1/60



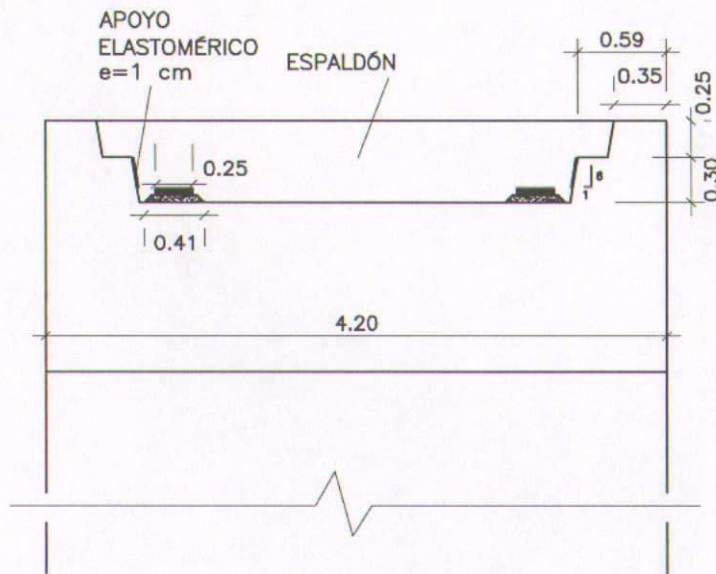
ESVIAJE MARGEN DERECHA
1/50



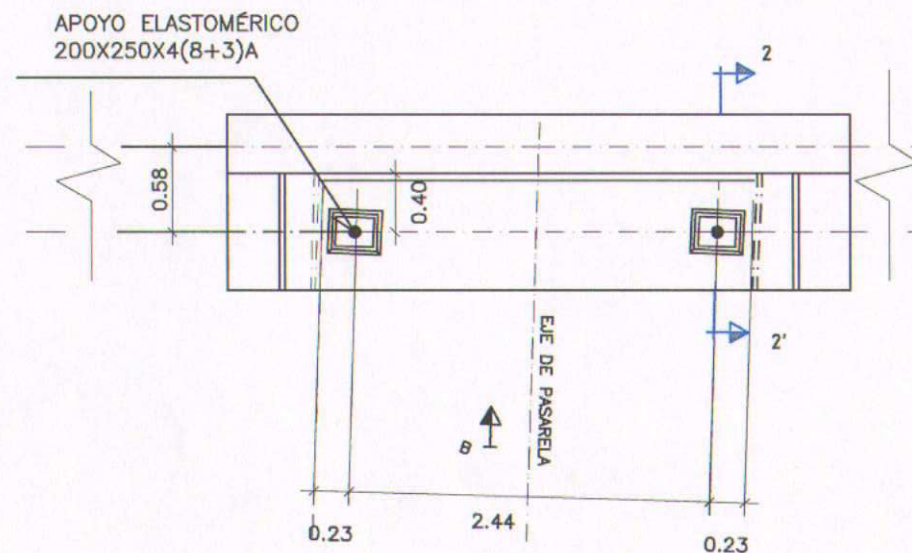
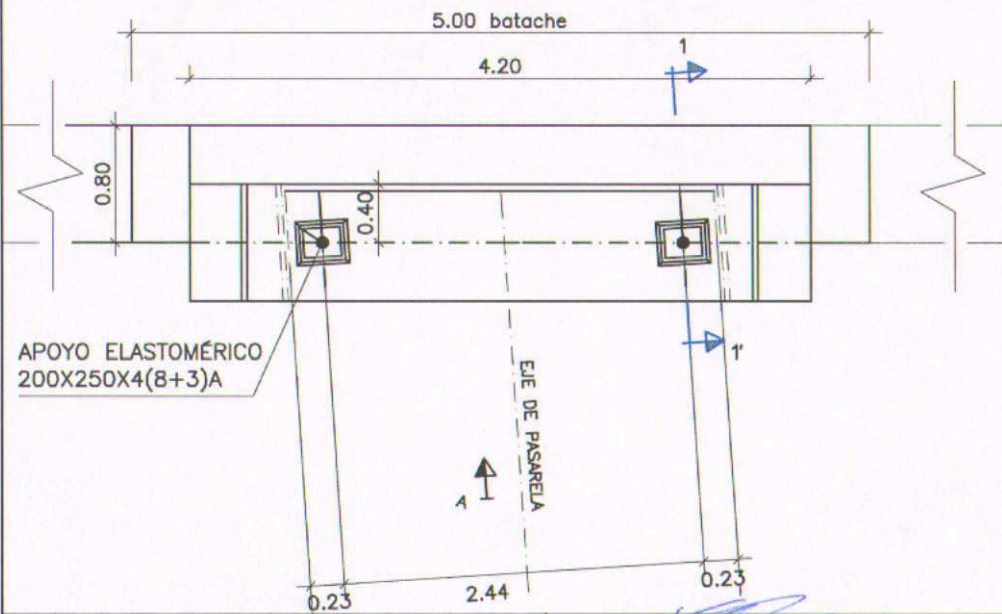
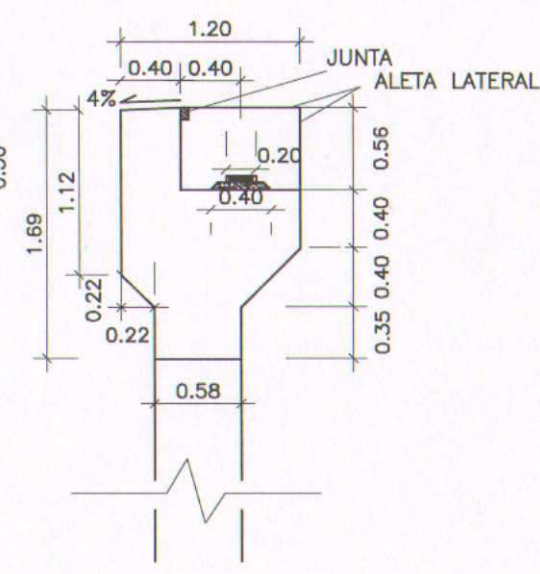
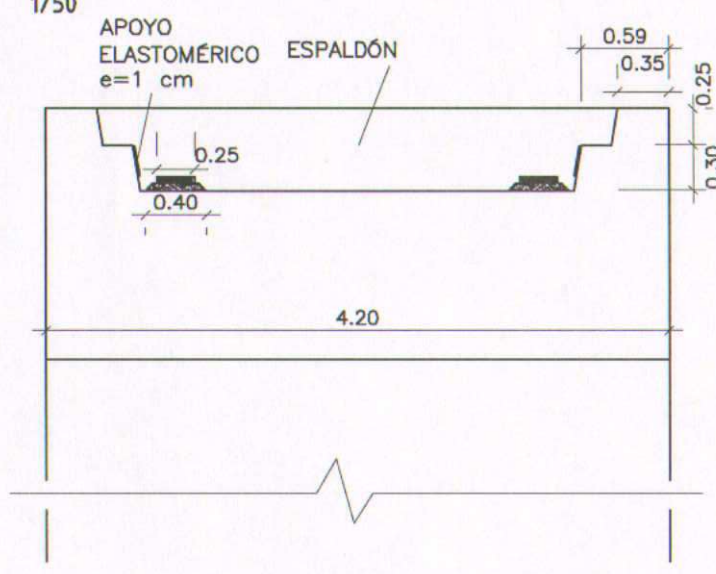
ESVIAJE MARGEN IZQUIERDA
1/50



Geometría estribo margen derecha
1/50



Geometría estribo margen izquierda
1/50



CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

PASARELA	HP-150/(AC-E3/AC-V2)/2/IIIa
- ESTRUCTURA PRIMARIA	HP-150/(AC-E3/AC-V2)/2/IIIa
- TABLERO	HA-135/(AC-E3/AC-V2)/2/IIIa
HORMIGÓN EN ESTRIBOS	HA-30/B/20/IIIa
ACERO PASIVO	B 500 SD
ACERO ACTIVO	Y1860S7 Ø 15.2 mm

NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN

NIVEL DE CONTROL	
PASARELA	INTENSO
ESTRIBOS	INTENSO
COEFICIENTES DE MAYORACION DE ACCIONES	

SEGÚN IAP 2011



Pedro Serna Ros (ICCP)

Juan Ángel López Martínez (ICCP)

Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)

Juan Navarro Gregori (ICCP)

ESCALA: Varias

GRÁFICA:

TÍTULO:

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOCADURA) (ALICANTE)"

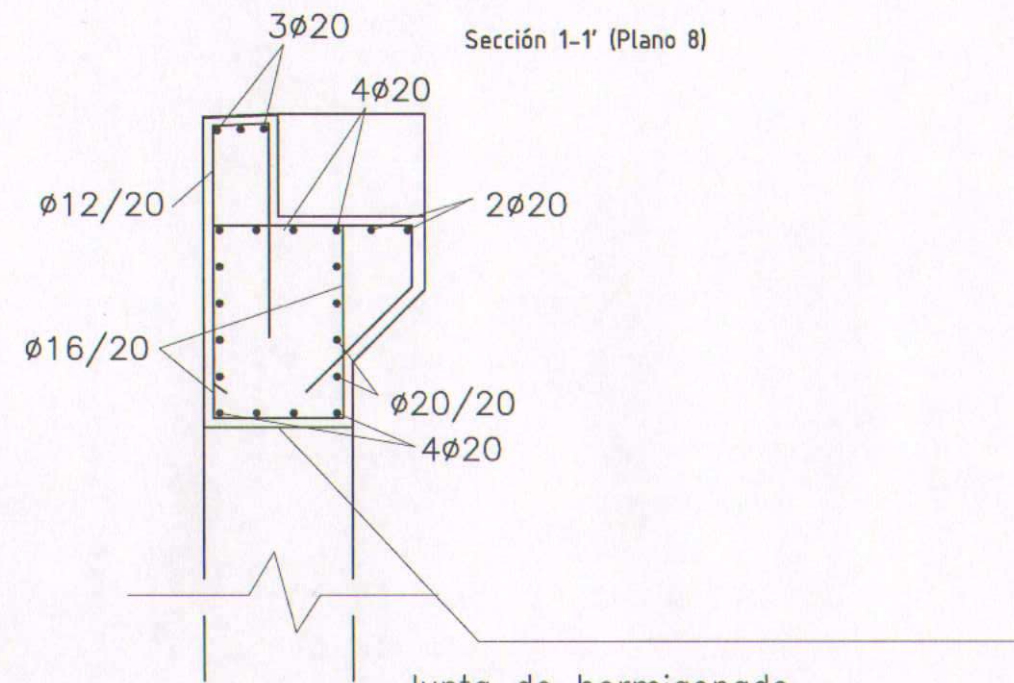
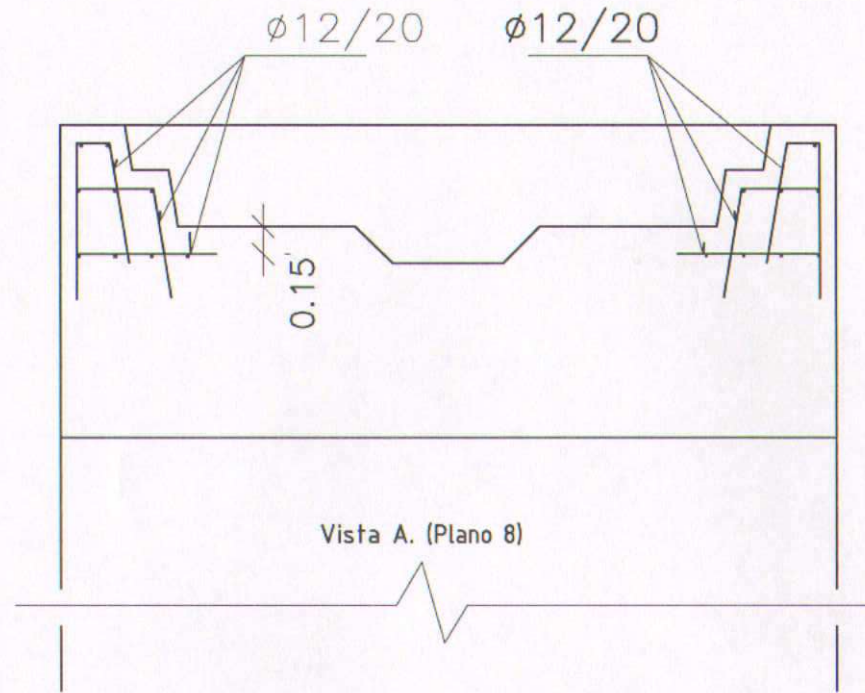
FECHA: Mayo 2012

DESIGNACIÓN:
Estribos y zona de apoyo

PLANO Nº:

08

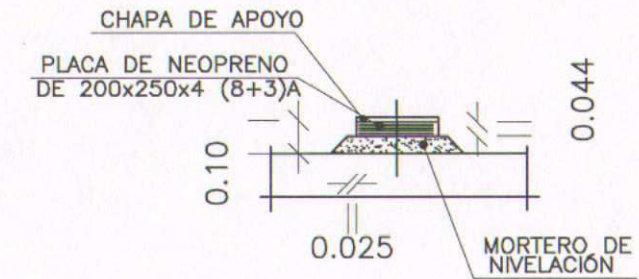
Apoyo margen derecha. ARMADO
1/40



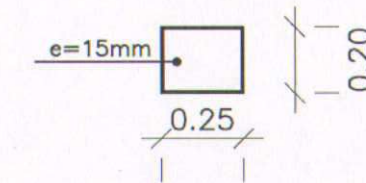
Junta de hormigonado,
rugosa, limpia y humedecida
antes de hormigonar la viga

Detalles neoprenos
Sin escala

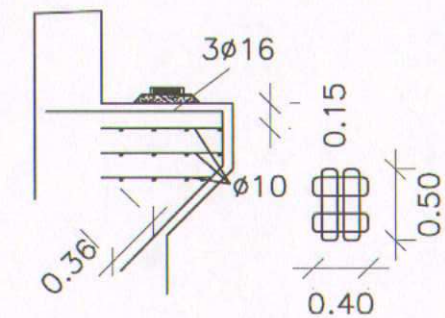
DETALLE DE APOYO ELASTOMÉRICO



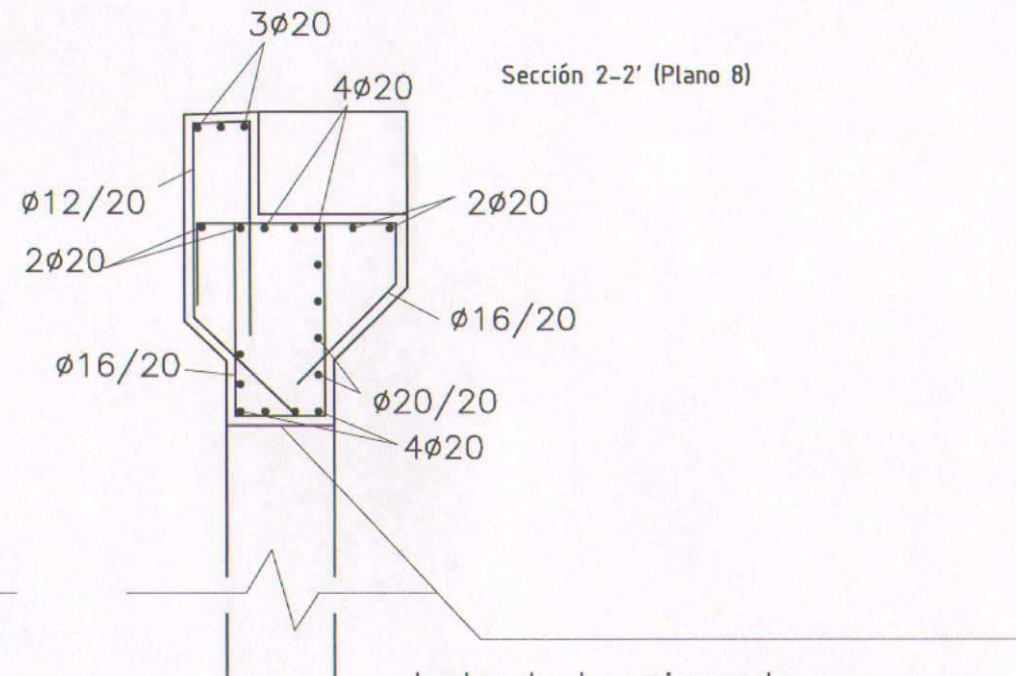
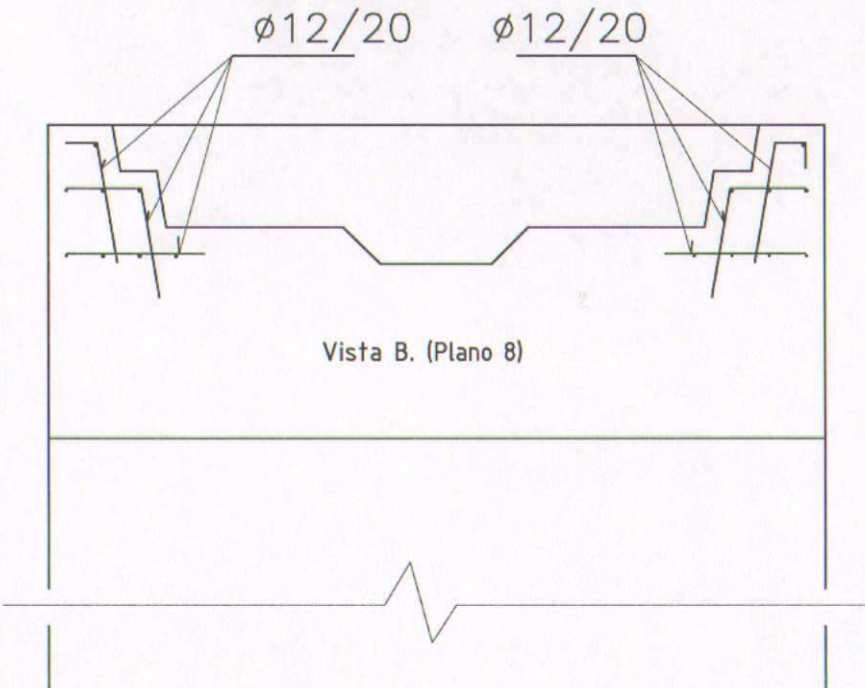
DETALLE DE CHAPA DE APOYO



REFUERZO BAJO APOYOS



Apoyo margen izquierda. ARMADO
1/40



Junta de hormigonado,
rugosa, limpia y humedecida
antes de hormigonar la viga

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

PASARELA	
- ESTRUCTURA PRIMARIA	HP-150/(AC-E3/AC-V2)/2/IIIa
- TABLERO	HA-135/(AC-E3/AC-V2)/2/IIIa
HORMIGON EN ESTRIBOS	HA-30/B/20/IIIa
ACERO PASIVO	B 500 SD
ACERO ACTIVO	Y1860S7 $\phi 15.2$ mm

NIVEL DE CONTROL DE EJECUCIÓN

NIVEL DE CONTROL	
PASARELA	INTENSO
ESTRIBOS	INTENSO
COEFICIENTES DE MAYORACION DE ACCIONES	

SEGÚN IAP 2011



Pedro Serna Ros (ICCP)

Juan Ángel López Martínez (ICCP)

Esteban Camacho Torregrosa (ICCP)

Juan Navarro Gregori (ICCP)

ESCALA: Varias

GRÁFICA:

TÍTULO:

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN "ACONDICIONAMIENTO DEL BARRANCO DE LAS OVEJAS EN SU TRAMO FINAL (P.K. 0+457 HASTA DESEMBOLCADURA) (ALICANTE)"

FECHA: Mayo 2012

DESIGNACIÓN:
Armado de estribo y detalles neoprenos

PLANO Nº:

09

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES



Pasarela sobre el Barranco de las Ovejas

Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

Pedro Serna Ros
Juan Navarro Gregori
Juan Ángel López Martínez
Esteban Camacho Torregrosa

Mayo 2012

ÍNDICE

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES	1
1.1. DEFINICIÓN, OBJETO Y AMBITO DE APLICACIÓN	1
1.2. DISPOSICIONES Y NORMAS APLICABLES A LA EJECUCIÓN DE LA PASARELA	2
1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	3
1.3.1. Documentos que definen la pasarela	3
1.3.2. Compatibilidad y prelación de dichos documentos	3
1.3.3. Documentos informativos	4
1.3.4. Descripción de las obras que comprenden el proyecto	4
1.3.4.1. Generalidades	4
1.3.4.2. Planos	5
1.3.4.3. Descripción general de las obras	5
1.4. MEDICIÓN Y ABONO	6
1.4.1. Condiciones generales	6
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	6
2.1. PRESCRIPCIONES GENERALES	6
2.2. MATERIALES NO ESPECIFICADOS EN EL PLIEGO	7
2.3. PRUEBAS Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES	8
2.4. RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES	8
2.5. MATERIALES BÁSICOS	9
2.5.1. Cementos	9
2.5.1.1. Definición	9
2.5.1.2. Condiciones generales	9
2.5.1.3. Clasificación	10
2.5.1.4. Transporte y almacenamiento	10
2.5.1.5. Suministro e identificación	11
2.5.2. Humo de sílice	11
2.5.2.1. Definición	11
2.5.2.2. Condiciones generales	11
2.5.2.3. Clasificación	12
2.5.2.4. Transporte y almacenamiento	12
2.5.3. Residuo de Craqueo Catalítico Fluidizado (FC3R)	12
2.5.3.1. Definición	12
2.5.3.2. Clasificación	13
2.5.3.3. Transporte y almacenamiento	13
2.5.4. Harina de cuarzo	13
2.5.4.1. Definición	13
2.5.4.2. Clasificación	13
2.5.4.3. Transporte y almacenamiento	13
2.5.5. Pigmento	13
2.5.5.1. Definición	13

	2.5.5.2.	Clasificación	14
2.5.6.		Agua a emplear en morteros y hormigones	14
	2.5.6.1.	Definición	14
	2.5.6.2.	Equipos	14
	2.5.6.3.	Criterios de aceptación o rechazo	14
2.5.7.		Áridos para hormigones	15
	2.5.7.1.	Condiciones generales	15
	2.5.7.2.	Arido fino	16
2.5.8.		Aditivos a emplear en áridos y hormigones	17
	2.5.8.1.	Definición	17
	2.5.8.2.	Materiales	17
2.5.9.		Fibras de acero	19
	2.5.9.1.	Definición	19
	2.5.9.2.	Condiciones generales	19
	2.5.9.3.	Equipos	19
	2.5.9.4.	Clasificación	19
2.5.10.		Hormigones	20
	2.5.10.1.	Definición	20
	2.5.10.2.	Materiales	20
	2.5.10.3.	Tipos de hormigón y distintivos de la calidad	21
	2.5.10.4.	Dosificación del hormigón	21
	2.5.10.5.	Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo	23
	2.5.10.6.	Amasado del UHPFRC para la prefabricación	24
2.5.11.		Armaduras para el hormigón	25
	2.5.11.1.	Definición	25
	2.5.11.2.	Barras corrugadas para hormigón armado	25
	2.5.11.3.	Forma y dimensiones	25
	2.5.11.4.	Doblado	26
	2.5.11.5.	Cordones para hormigón pretensado	26
	2.5.11.6.	Forma y dimensiones	27
	2.5.11.7.	Procedimiento de tesado	27
2.5.12.		Encofrado	27
2.6. PASARELA			28
2.6.1.		Hormigones	28
2.6.2.		Armaduras para el hormigón	29
2.6.3.		Aparatos de apoyo	29
	2.6.3.1.	Definición	29
	2.6.3.2.	Materiales	29
2.6.4.		Encofrados	30
2.6.5.		Vidrio de seguridad	30
2.6.6.		Barandillas	31
2.6.7.		Pruebas de carga	31

3. CAPÍTULO 3: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	32
3.1. CONDICIONES DE EJECUCIÓN	32
3.2. REPLANTEO	32
3.3. OCUPACIÓN DE SUPERFICIES	33
3.4. CIRCULACIÓN Y SEÑALIZACIÓN	33
3.5. SEGURIDAD de los sistemas de ejecución	34
3.6. Equipo de maquinaria y medios auxiliares	34
3.7. Condiciones de SEGURIDAD y salud	35
3.8. ESPECIFICACIONES sobre el control de calidad	35
3.8.1. Hormigones	39
3.8.1.1. Acabado del hormigón	39
3.8.1.2. Fabricación y transporte	39
3.8.1.3. Entrega y vertido	39
3.8.1.4. Control de calidad	39
3.8.2. Limpieza de superficie de hormigón	40
3.8.3. Anclaje de armaduras a obra de hormigón existente	40
3.9. PASARELA	41
3.9.1. Cimentaciones, subestructura y estructura	41
3.9.1.1. Hormigones	41
3.9.1.2. Armaduras para el hormigón	41
3.9.1.3. Vertido del UHPFRC	41
3.9.1.4. Proceso de prefabricación de la pasarela	42
3.9.1.5. Aparatos de apoyo	43
3.9.1.6. Vidrio de Seguridad	44
3.9.2. Pruebas de carga	44
3.10. UNIDADES NO INCLUIDAS EN EL PLIEGO	44

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

1.1. DEFINICIÓN, OBJETO Y AMBITO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (en adelante PPTP), junto con lo señalado en los planos, definen todos los requisitos técnicos de las obras que son objeto del mismo.

Este Pliego contiene, además de la descripción general de las obras, las condiciones que han de cumplir los materiales, las instrucciones para la ejecución, medición y abono de las unidades de obra, y son la norma y guía que han de seguir el Contratista y la Dirección de Obra.

El objeto del presente Pliego de Condiciones es:

- 1.- Definir las obras en que será de aplicación, describiendo con detalle las distintas partes en que se componen.
- 2.- Determinar los documentos que, además de este Pliego, serán de aplicación.
- 3.- Definir las características de los materiales y las pruebas a que serán sometidos para su administración.
- 4.- Determinar la forma en que se ha previsto la realización de las unidades de obra.

Las instrucciones del presente PPTP se refieren a la pasarela perteneciente al Proyecto de Construcción **“Proyecto Constructivo Modificado nº1 al de acondicionamiento del Barranco de Las Ovejas en su tramo final (P.K. 0+457 hasta desembocadura) (Alicante).”**

1.2. DISPOSICIONES Y NORMAS APLICABLES A LA EJECUCIÓN DE LA PASARELA

Serán de aplicación las siguientes Normas y Prescripciones Técnicas de carácter general, en tanto no sean modificadas por las condiciones particulares de los apartados del presente Pliego:

- Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Económicas del Proyecto constructivo del que formará parte la pasarela.
- Normas Técnicas españolas y extranjeras a las que explícitamente se hará referencia en el artículo de este Pliego, en el de Condiciones Particulares, o en cualquier otro documento de carácter contractual.
- Normas UNE de aplicación.
- Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSR-02).
- Real Decreto 956/2008, de 6 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-08).
- Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Estructural (EHE-08). Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden Circular 325/97T (PG3)
- Recomendaciones del CIE 12.2 y la Orden Circular Nº 9.1 IC del 31 de marzo de 1964 Editada por el MOPTMA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE-IAT

Serán de aplicación asimismo todas aquellas normas de obligado cumplimiento provenientes de la Presidencia del Gobierno y demás Ministerios relacionados con la construcción y obras públicas.

En el caso de que se presenten discrepancias entre algunas condiciones impuestas por las normas señaladas, salvo manifestación expresa en contrario por parte del proyectista, se sobreentenderá que es válida la más restrictiva.

Las condiciones exigidas en el presente Pliego deben entenderse como condiciones mínimas.

1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

1.3.1. Documentos que definen la pasarela

Las obras objeto del presente Proyecto de estructura de pasarela peatonal de HMAR quedan definidas por los siguientes documentos:

- Documento Nº 1. Planos: Memoria. Anejo de cálculos estructurales.
- Documento Nº 2. Planos: Definen la geometría de la obra de forma gráfica.

Todos los planos de detalle preparados durante la ejecución de las obras deberán estar suscritos por el Director de las obras, con el asesoramiento de técnicos competentes, sin cuyo requisito no podrán ejecutarse los trabajos correspondientes.

- Documento Nº 3. Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

La valoración de las obra aquí presentada formará parte del Doc. Nº4: Presupuesto, del **Proyecto Modificado nº1 al de Acondicionamiento del Barranco de las Ovejas en su tramo final (pk 0+457 hasta desembocadura). Alicante.**

1.3.2. Compatibilidad y prelación de dichos documentos

En el caso de contradicciones e incompatibilidades entre los Documentos del presente Proyecto se deberá tener en cuenta lo siguiente:

El Documento Nº 2 Planos, tiene prelación sobre los demás documentos del Proyecto en lo que a dimensionamiento se refiere en caso de incompatibilidad entre los mismos.

El Documento Nº 3 Pliego de Prescripciones Técnicas, tiene prelación sobre los demás documentos del proyecto en lo que se refiere a materiales a emplear, ejecución, medición y abono de las unidades de obra.

En cualquier caso, los documentos del proyecto tienen preferencia respecto a los Pliegos de Condiciones Generales que se mencionan en el Capítulo I del presente Pliego.

Lo mencionado en el Pliego y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser considerado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que la unidad de obra esté completamente definida en uno u otro documento, y que aquella tenga precio en el Presupuesto.

Las omisiones en Planos y Pliego, o las descripciones erróneas en los detalles de la Obra que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuesto en Planos y Pliego que, por uso y/o costumbre deben ser realizados, no solo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliego.

1.3.3. Documentos informativos

Los datos sobre sondeos, procedencia de materiales, ensayos, condiciones locales, diagramas de movimientos de tierras, estudios de maquinaria, de programación, de condiciones climáticas y, en general, todos lo que se incluyen en el Proyecto Modificado del que forma parte la pasarela, han sido tomados como punto de partida para la definición de la misma.

Dichos documentos representan una opinión fundada de la Administración. Sin embargo, ello no supone que se responsabilice de la certeza de los datos que se suministran; y en consecuencia, deben aceptarse tan sólo como complementos de la información que el Contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios.

1.3.4. Descripción de las obras que comprenden el proyecto

1.3.4.1. Generalidades

Las obras que comprenden este Proyecto son las de la Pasarela sobre el barranco de las Ovejas, enmarcada dentro de las obras del "Proyecto Modificado Nº1 al de Acondicionamiento del barranco de Las Ovejas en su tramo final (P.K. 0+457 hasta desembocadura). Alicante".

1.3.4.2. Planos

Todas las obras que se definen en los planos que se integran en el Proyecto, se ejecutarán con arreglo a los que en ellos se indique y a las órdenes e instrucciones concretas que dicte el Ingeniero Director.

A petición del Ingeniero Director, el Contratista preparará todos los planos de detalles que se estimen necesarios para la ejecución de las obras contratadas. Dichos planos se someterán a la aprobación del Director, acompañando, si fuese preciso, las memorias y cálculos justificativos que se requieran para su mejor comprensión.

1.3.4.3. Descripción general de las obras

- Construcción de una pasarela peatonal en el P.K. 0+140.09, longitud de 43.5m con un único vano y ancho útil del tablero medio de 2.8 m. Esta pasarela facilitará el flujo de peatones entre ambas márgenes.

La estructura principal de la pasarela queda constituida por dos celosías tipo Warren laterales simétricas respecto al eje de la pasarela y de canto variable, con una celosía inferior que las conecta. Un tablero ortótropo de color rojo conectará las celosías de ambos lados a una cota variable.

Se trata de un elemento realizado completamente con Hormigón de Muy Alto Rendimiento Reforzado con Fibras (UHPRFC) preteso. Este material se caracteriza por tener una gran resistencia y un excelente periodo de vida útil. La pasarela será elaborada en cuatro fases en una empresa de prefabricados y transportada de una sola pieza hasta el emplazamiento final. Finalmente, y para su ubicación definitiva, se realizará un alzado de toda la estructura mediante grúa capaz de soportar el peso de la pasarela.

Además, se realizarán los accesos , una rampa y una escalera en cada una de las márgenes necesaria para alcanzar la cota del tablero.

1.4. MEDICIÓN Y ABONO

1.4.1. Condiciones generales

La totalidad de condiciones referentes a la medición y abono de los elementos definidos en el presente proyecto de estructura quedarán definidas en el correspondientes Pliego de Prescripciones Técnicas del **Proyecto Modificado nº1 al de Acondicionamiento del Barranco de las Ovejas en su tramo final (pk 0+457 hasta desembocadura). Alicante.**

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

2.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

Para todos los materiales que intervienen en la obra, el Contratista propondrá los lugares de procedencia, factorías o marcas de los mismos, a la aprobación de la Dirección Facultativa. Esta debe manifestarse en el plazo de siete días naturales a partir de la propuesta, operando su silencio como aprobación.

Los materiales procederán de factorías reconocidas que garantizarán el suministro y especificaciones incluidas en el presente Capítulo.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de forma que no queden alteradas sus características ni sufran ningún deterioro sus formas o dimensiones.

Los materiales se acopiarán en la forma y lugar que conserven sus propiedades características. La Dirección de Obra podrá ordenar, si lo estima oportuno, la especial protección de los materiales que lo requieran.

Todo material que no cumpla las especificaciones o haya sido rehusado, será retirado de la obra inmediatamente, salvo autorización expresa de la Dirección de la Obra.

Los materiales deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifiquen en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego, citándose como referencia:

Normas MV.

Normas UNE

Normas DIN

Normas ASTM

Normas NTE

Instrucción EH-88/91 EF-88 RL-88

Normas AENOR

PIET-70

Normas técnicas de calidad de viviendas Sociales, Orden 24-4-76.

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (MOP), PG-3 para obras de Carreteras y Puentes.

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad, aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica, que avalen sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Por parte del Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos, sea solicitado informe sobre ellos a la Dirección Facultativa y al Organismo encargado del Control de Calidad.

El contratista será responsable del empleo de materiales que cumplan con las condiciones exigidas. Siendo estas condiciones independientes, con respecto al nivel de control de calidad para aceptación de los mismos que se establece en el apartado de Especificaciones de Control de Calidad. Aquellos materiales que no cumplan con las condiciones exigidas, deberán ser sustituidos, sea cual fuese la fase en que se encontrase la ejecución de la obra, corriendo el Constructor con todos los gastos que ello ocasionase. En el supuesto de que por circunstancias diversas tal sustitución resultase inconveniente, a juicio de la Dirección Facultativa, se actuará sobre la devaluación económica del material en cuestión, con el criterio que marque la Dirección Facultativa y sin que el Constructor pueda plantear reclamación alguna.

2.2. MATERIALES NO ESPECIFICADOS EN EL PLIEGO

Todos aquellos materiales que, no estando especificados en los artículos del presente Pliego, resulten necesarios para la ejecución de las Obras, serán de la mejor calidad, debiendo presentar el Contratista al Director de Obra cuantos catálogos, informes y certificados del fabricante sean necesarios. Cuando la información requerida no se considere suficiente, el director de

Obra podrá exigir los ensayos oportunos que permitan obtener los datos sobre la calidad de tales materiales.

El ingeniero Director de Obra podrá rechazar dichos materiales si no reuniesen, a su juicio, las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objeto que motiva su empleo.

2.3. PRUEBAS Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES

Fijada la procedencia de los materiales se realizarán las pruebas que la Dirección Facultativa disponga para comprobar que reúnan las condiciones estipuladas en los artículos siguientes.

El Director establecerá el laboratorio en el que deben realizarse las pruebas. Cuando el Director lo estime oportuno, el Contratista facilitará las muestras de los materiales propuestos, a fin de realizar los ensayos pertinentes, siendo por cuenta del Contratista todos los gastos que se originen con motivo de estos análisis, siempre que no se supere el 1% sobre el presupuesto de ejecución material, en cuyo caso el sobrecoste será abonado por la Propiedad.

Si las muestras cumplen satisfactoriamente los ensayos, las piezas representadas por ellas que reúnen además otras condiciones de forma, dimensiones etc. señaladas en el Pliego o en la oferta realizada por la Contrata y aceptada por la Administración, serán convenientemente marcadas y aceptadas por el Ingeniero Director de Obra.

Si alguna de las muestras no reuniera las exigencias del ensayo, el Contratista podrá solicitar su reposición en el número de muestras adicionales que estime conveniente el Ingeniero de Obra, tomadas del mismo lote, por cada una de las que hubiese fallado. Si todas las muestras adicionales satisfacen los ensayos, todos los elementos representados por ellas serán aceptados, y en caso contrario rechazados.

2.4. RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES

Podrán desecharse todos los materiales que no satisfagan las condiciones impuestas para cada uno de ellos, en particular en el presente Pliego.

El Contratista atenderá en todo caso a lo que por escrito le ordene el Director de Obra para el cumplimiento del presente Pliego.

Si los materiales fueran defectuosos pero aceptables a juicio de la Administración, se aplicarán con la rebaja del precio que la misma determine, sin más opción por parte del Contratista que sustituirlos por otros que cumplan las condiciones del Pliego.

La recepción de los materiales no excluye la responsabilidad del Contratista por la calidad de los mismos, y quedará subsistente hasta que se reciban las obras en que dichos materiales se hayan empleado.

2.5. MATERIALES BÁSICOS

2.5.1. Cementos

2.5.1.1. Definición

Se definen como cementos los conglomerantes hidráulicos que, finamente molidos y convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como bajo agua.

2.5.1.2. Condiciones generales

Las definiciones, denominaciones y especificaciones de los cementos de uso en obras de carreteras y de sus componentes serán las que figuren en las siguientes normas:

UNE 80 301	Cementos. Cementos comunes. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
UNE 80 303	Cementos resistentes a sulfatos y/o agua de mar.
UNE 80 305	Cementos blancos.
UNE 80 306	Cementos de bajo calor de hidratación.
UNE 80 307	Cementos para usos especiales.
UNE 80 310	Cementos de aluminato de calcio.

Asimismo, será de aplicación todo lo dispuesto en el vigente Real Decreto 956/2008, de 6 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-08).

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

2.5.1.3. Clasificación

Se utilizarán cementos tipo:

I/52.5-R/SR para la prefabricación de la pasarela.

salvo que el Ingeniero Director indique o autorice la utilización de otros cementos en alguna unidad de obra.

La modificación del tipo de cemento no será motivo de sobrecoste de la unidad de obra donde se utilice.

2.5.1.4. Transporte y almacenamiento

El cemento será transportado en cisternas presurizadas y dotadas de medios neumáticos o mecánicos para el trasiego rápido de su contenido a los silos de almacenamiento.

El cemento se almacenará en uno o varios silos, adecuadamente aislados contra la humedad y provistos de sistemas de filtros.

El cemento no llegará a obra excesivamente caliente. Si su manipulación se realizara por medios neumáticos o mecánicos, su temperatura no excederá de setenta grados Celsius (70°C), y si se realizara a mano, no excederá del mayor de los dos límites siguientes:

- Cuarenta grados Celsius (40°C).
- Temperatura ambiente más cinco grados Celsius (5°C).

Cuando se prevea que puede presentarse el fenómeno de falso fraguado, deberá comprobarse, con anterioridad al empleo del cemento, que éste no presenta tendencia a experimentar dicho fenómeno, realizándose esta determinación según la UNE 80 114.

Como se trata de una obra de pequeño volumen, para el suministro, transporte y almacenamiento de cemento se podrán emplear sacos de acuerdo con lo indicado al respecto en la vigente Instrucción para la recepción de cementos (RC-08).

El Director de las Obras podrá comprobar, con la frecuencia que crea necesaria, las condiciones de almacenamiento, así como los sistemas de transporte y trasiego en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del

contenido del saco, silo o cisterna correspondiente hasta la comprobación de las características que estime conveniente de las exigidas, en este artículo, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en la vigente Instrucción para la recepción de cementos (RC-08).

2.5.1.5. Suministro e identificación

Para el suministro del cemento será de aplicación lo dispuesto en la vigente "Instrucción para la recepción de cementos (RC-08)".

Cada remesa de cemento que llegue a obra irá acompañada de un albarán con documentación anexa conteniendo los datos que se indican la vigente "Instrucción para la recepción de cementos (RC-087)". Adicionalmente, contendrá también la siguiente información:

- Resultados de análisis y ensayos correspondientes a la producción a la que pertenezca, según la UNE 80 403.
- Fecha de expedición del cemento desde la fábrica. En el caso de proceder el cemento de un centro de distribución se deberá añadir también la fecha de expedición desde dicho centro de distribución.

2.5.2. Humo de sílice

2.5.2.1. Definición

- Se trata de un subproducto procedente de hornos eléctricos que endurece cuando reacciona con hidróxido de calcio en presencia de agua (material puzolánico) para formar materiales de naturaleza cementicia que ayudan a incrementar las resistencias mecánicas.

2.5.2.2. Condiciones generales

Las definiciones, denominaciones y especificaciones de los humos de sílice serán las que figuren en las siguientes normas:

UNE-EN 13263 Humo de sílice para hormigón. Parte 1: Definiciones, requisitos y criterios de conformidad. Parte 2: Evaluación de la conformidad.

Asimismo, será de aplicación todo lo dispuesto en el vigente Real Decreto 956/2008, de 6 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-08).

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el Real Decreto 1328/1995), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento se estará a lo establecido en su artículo 9.

2.5.2.3. Clasificación

Se utilizará humo de sílice densificado o no densificado con una pureza en dióxido de silicio superior al 94%. En ningún caso se recurrirá a humo de sílice en suspensión.

El Ingeniero Director puede autorizar el uso de otra puzolana por motivos de tonalidad de color, siempre que se demuestre que el factor de eficacia cementante sea al menos similar al del humo de sílice, y siempre que la reología del hormigón no se vea afectada significativamente.

2.5.2.4. Transporte y almacenamiento

El humo de sílice será transportado en Big Bags mediante camión, protegiéndolo del contacto con la humedad o el agua ambiental.

El Director de las Obras podrá comprobar, con la frecuencia que crea necesaria, las condiciones de almacenamiento, así como los sistemas de transporte y trasiego en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material; y de no ser de su conformidad, suspenderá la utilización del contenido del saco.

2.5.3. Residuo de Craqueo Catalítico Fluidizado (FC3R)

2.5.3.1. Definición

Este es un subproducto puzolánico proveniente de los procesos de catálisis del petróleo en refinerías. Es de inorgánico, de tipo zeolítico y compuesto principalmente por dióxido de silicio y alumina. Su tamaño de partícula se encuentra entre las 0.1 y las 30 micras, siendo estas de geometría irregular debido al previo proceso de molienda. El coeficiente de actividad cementante es bastante similar al del humo de sílice, y tiene la ventaja de tener un elevado índice de blancura.

2.5.3.2. Clasificación

El FC3R utilizado será de la compañía OMYA CLARIANA S.A. o equivalente, con coeficiente de blancura superior al 80% y con un contenido de partículas orgánicas inferior al 5%.

2.5.3.3. Transporte y almacenamiento

El FC3R se transportará ensacado, completamente seco y evitando el contacto con la humedad ambiental. Se mantendrá ensacado hasta el momento de su utilización.

2.5.4. Harina de cuarzo

2.5.4.1. Definición

La Harina de Cuarzo es material proveniente de la molienda del dióxido de silicio, El tamaño medio de partícula es variable, si bien en orden de magnitud es similar al del cemento. Es un material inerte y de composición similar a las arenas silíceas, tal que en general puede ser considerado como una arena de elevada finura.

2.5.4.2. Clasificación

La harina a utilizar tendrá un elevado coeficiente de blancura, un contenido de dióxido de silicio superior al 95% en peso y un diámetro medio de partícula inferior a 15 micras. La harina de cuarzo de SIBELCO M500 cumple estos requisitos, tal que esta o una equivalente puede utilizarse.

2.5.4.3. Transporte y almacenamiento

La harina de cuarzo se transportará en sacos, manteniéndola aislada de la humedad ambiental. Se almacenará en dichos sacos hasta su utilización.

2.5.5. Pigmento

2.5.5.1. Definición

El pigmento es un producto inorgánico finamente molido que se añade al hormigón en la dosificación para proporcionarle una determinada tonalidad.

2.5.5.2. Clasificación

El pigmento a utilizar será variable dependiendo de la tonalidad acordada con la dirección de obra. No deberá contener partículas orgánicas y deberá ser fácilmente dispersable durante el amasado.

Con el fin de evaluar el contenido de pigmento adecuado, se realizarán pruebas previas en el laboratorio con diferentes porcentajes de adición de este respecto al peso de cemento.

2.5.6. Agua a emplear en morteros y hormigones

2.5.6.1. Definición

Se denomina agua para emplear en el amasado o en el curado de morteros y hormigones, tanto a la natural como a la depurada, sea o no potable, que cumpla los requisitos que se señalan en el apartado 2.5.2.3. del presente artículo.

2.5.6.2. Equipos

Con la maquinaria y equipos utilizados en el amasado deberá conseguirse una mezcla adecuada de todos los componentes con el agua.

2.5.6.3. Criterios de aceptación o rechazo

En general, podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado de morteros y hormigones, todas las aguas que la práctica haya sancionado como aceptables, es decir, las que no produzcan o hayan producido en ocasiones anteriores eflorescencias, agrietamientos, corrosiones o perturbaciones en el fraguado y endurecimiento.

En los casos dudosos o cuando no se posean antecedentes de su utilización, las aguas deberán ser analizadas. En ese caso, se rechazarán las aguas que no cumplan alguno de los requisitos indicados a continuación, salvo justificación especial de que su empleo no altera de forma apreciable las propiedades exigibles a los morteros y hormigones con ellas fabricados:

- Acidez medida por el pH, igual o superior a cinco (5).
- Sustancias disueltas en cantidad igual o inferior a quince gramos por litro (15 g/l) equivalente a quince mil partes por millón (15.000 p.p.m.).

- Contenido en sulfatos, expresados en SO₄, igual o inferior a un gramo por litro (1 g/l) equivalente a mil partes por millón (1.000 p.p.m.).
- Ión cloro en proporción igual o inferior a una décima de gramo por litro (0,1 g/l) equivalente a cien partes por millón (100 p.p.m.) para los hormigones pretensados; a seis gramos por litro (6 g/l) equivalente a seis mil partes por millón (6.000 p.p.m.) para los hormigones armados, y a dieciocho mil partes por millón (18.000 p.p.m.) para los hormigones en masa y morteros que no hayan de estar en contacto con armaduras o elementos metálicos.
- Exentas de hidratos de carbono.
- Sustancias orgánicas solubles en éter en cantidad inferior a quince gramos por litro (15 g/l) equivalente a quince mil partes por millón (15.000 p.p.m.).

Si el ambiente de las obras es muy seco, lo que favorece la presencia de fenómenos expansivos de cristalización, la limitación relativa a las sustancias podrá hacerse aún más severa, a juicio de la Dirección de Obra, especialmente en los casos y zonas en que no sean admisibles las aflorencias.

Cuando se trate de morteros u hormigones en masa, y previa autorización del Director de las obras, el límite anteriormente indicado para el ión cloro, de seis (6) gramos por litro, podrá elevarse a dieciocho(18) gramos por litro, y, análogamente, el límite de ión sulfato, de un (1) gramo, podrá elevarse a cinco (5) gramos por litro, en aquellos morteros u hormigones cuyo conglomerante sea resistente al yeso.

Previa autorización del Director, y exclusivamente en el caso de morteros u hormigones no armados, podrá emplearse en el amasado, pero no en el curado, el agua de mar.

La toma de muestras y los análisis anteriormente prescritos deberán realizarse de acuerdo con los métodos de ensayo UNE 7130, UNE 7131, UNE 7132, UNE 7178, UNE 7234, UNE 7235 y UNE 7236.

2.5.7. Áridos para hormigones

2.5.7.1. Condiciones generales

Las características generales de los áridos se ajustarán a lo especificado en la Instrucción EHE-08 siendo asimismo obligatorio el cumplimiento de las recomendaciones aplicables contenidas en los comentarios al citado apartado.

Los áridos utilizados para la prefabricación de la pasarela se almacenarán garantizando que se mantienen secos. El contenido de humedad del árido silíceo utilizado será inferior al 0.5%.

El tamaño de los áridos se ajustará a lo especificado en la Instrucción EHE.

Los áridos cumplirán las prescripciones contenidas en la Instrucción EHE en lo que se refiere a contenidos de sustancias perjudiciales, reactividad potencial con los álcalis del cemento, utilización de escorias siderúrgicas, pérdida de peso por acción de los sulfatos sódico y magnésico, coeficiente de forma, etc.

La forma y condiciones de almacenamiento se ajustarán a lo indicado en la Instrucción EHE.

2.5.7.2. Arido fino

Cumplirá los requerimientos siguientes y lo dispuesto en la EHE:

La arena utilizada para la prefabricación de la pasarela será silícea, de densidad no inferior a dos enteros cinco décimas (2,5) y con absorción inferior al 0.5%.

El porcentaje de partículas alargadas no excederá del cinco por ciento (5%) en peso. Como partícula alargada se define aquella cuya dimensión máxima es mayor que cinco (5) veces la mínima.

Con independencia de lo anterior, se realizarán, como mínimo, los siguientes ensayos cada vez que cambien las condiciones de suministro:

- Contenido de terrones de arcilla (UNE-7133)
- Granulometría (UNE-EN 933-2)
- Material que flota en líquido de peso específico 2.0 (UNE-7244)
- Contenido en compuestos de azufre (UNE-EN 1744-1)
- Contenido en cloruros (UNE-EN 1744-1)
- Reactividad con los álcalis del cemento (UNE-146507/146508)
- Contenido en materia orgánica (UNE-EN 1744-1)
- Estabilidad al sulfato sódico o magnésico (UNE-EN 1367-2)

- Equivalente de arena a la vista (E.A.V.) (UNE-83131)
- Friabilidad de la arena (UNE-EN 1097-1)
- Absorción de agua (UNE-83133)

2.5.8. Aditivos a emplear en áridos y hormigones

2.5.8.1. Definición

Se denominan aditivos a emplear en morteros y hormigones aquellos productos que, incorporados al mortero u hormigón en pequeña proporción (salvo casos especiales, una cantidad igual o menor al cinco por ciento (5%) del peso de cemento), antes del amasado, durante el mismo y/o posteriormente en el transcurso de un amasado suplementario, producen las modificaciones deseadas de sus propiedades habituales, de sus características, o de su comportamiento, en estado fresco y/o endurecido.

2.5.8.2. Materiales

Para el caso del hormigón utilizado para la prefabricación de la pasarela, se utilizará tan solo un aditivo superplastificante de tercera generación (policarboxil-éter), con un contenido de sólidos entre el 15 y el 45%. Se realizarán pruebas previas en laboratorio con aditivos de diferentes marcas, comprobando que los efectos producidos en estado reológico y endurecido son los deseados y evaluando cual es el más adecuado. Finalmente se realizarán amasadas en la empresa de prefabricados con el objetivo de confirmar la idoneidad de la mezcla en las mismas condiciones en las que se ejecutará la pasarela.

El agua que contenga el aditivo debe ser descontada al agua total para deducir el agua a añadir en la dosificación del hormigón.

No se podrá utilizar ningún tipo de aditivo modificador de las propiedades de morteros y hormigones, sin la aprobación previa y expresa del Director de las Obras.

El contratista someterá estos ensayos a la aprobación de la Dirección de Obra, que deberá vigilar en particular que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que la densidad y la resistencia característica sean iguales o mayores que las previstas.
- Que no disminuyan la impermeabilidad ni la resistencia a las heladas.
- Que no sea necesario aumentar los porcentajes de cemento y agua.

Las condiciones generales que deben cumplir todos los aditivos químicos (ASTM-465) son las siguientes:

- Deben ser de marcas de conocida solvencia y suficientemente experimentadas en las obras.
- Antes de emplear cualquier aditivo habrá de ser comprobado su comportamiento mediante ensayo de laboratorio, utilizando la misma marca y tipo de conglomerante, y los áridos procedentes de la misma cantera o yacimiento natural, que haya de utilizarse en la ejecución de los hormigones de la obra.
- A igualdad de temperatura, la densidad y viscosidad de los aditivos líquidos o de sus soluciones o suspensiones en agua, serán uniformes en todas las partidas suministradas y asimismo el color se mantendrá invariable.
- No se permitirá el empleo de aditivos en los que, mediante análisis químicos cualitativos, se encuentren cloruros, sulfatos o cualquier otra materia nociva para el hormigón en cantidades superiores a los límites equivalentes para una unidad de volumen de hormigón o mortero que se toleran en el agua de amasado. Se exceptuarán los casos extraordinarios de empleo autorizado del cloruro cálcico.
- La solubilidad en el agua debe ser total cualquier que sea la concentración de producto aditivo.
- El aditivo debe ser neutro frente a los componentes del cemento y los áridos.
- Los aditivos químicos pueden suministrarse en estado líquido o sólido, pero en este último caso deben ser fácilmente solubles en agua o dispensables, con la estabilidad necesaria para asegurar la homogeneidad de su concentración por lo menos durante diez (10) horas.
- Para que pueda ser autorizado el empleo de cualquier aditivo químico es condición necesaria que el fabricante o vendedor especifique cuales son las sustancias activas y las inertes que entran en la composición del producto.

Se rechazarán los productos en polvo que a causa de la humedad hayan formado terrones que dificulten su dosificación.

Se recomienda la adición de aireantes o superfluidificantes para lograr un hormigón fácilmente trabajable, con la menor cantidad posible de agua. En caso de emplearse aireantes, el porcentaje de aire ocluido deberá ser inferior al tres por ciento en volumen.

2.5.9. Fibras de acero

2.5.9.1. Definición

Las fibras de acero son filamentos de acero deformados y cortados en diferentes longitudes, que son añadidos al hormigón con el objetivo de proporcionarle ductilidad. El rendimiento de las fibras depende de su geometría, la textura de su superficie y de la calidad del acero utilizado.

2.5.9.2. Condiciones generales

Las definiciones, denominaciones y especificaciones de las fibras serán las que se encuentran en la norma UNE-EN 14889-1, y en el anejo 14 de la instrucción de hormigón estructural (EHE-08), aprobada en Real Decreto 1429/2008, de 21 de agosto.

2.5.9.3. Equipos

Las fibras de longitud corta se introducirán en la amasadora mediante un sistema vibratorio que permita separar los conglomerados antes o durante el vertido.

2.5.9.4. Clasificación

Se utilizarán fibras de dos tipos de acuerdo con la nomenclatura establecida en UNE-EN-14889-1. Las fibras cortas tendrán una longitud de 13 mm con una tolerancia de 2 mm, y un diámetro de entre 0.16 y 0.21 mm. Su límite elástico será superior a los 2000 MPa y serán rectas y de superficie lisa. Las fibras largas serán las denominadas 80/30 (30 mm de espesor, 80 de esbeltez), con ganchos en los extremos para incrementar la resistencia al arrancamiento, y con límite elástico superior a 2000 MPa. Deberán encontrarse en forma de grapas para facilitar en vertido en la amasadora.

2.5.10. Hormigones

2.5.10.1. Definición

Se define como hormigón la mezcla en proporciones adecuadas de cemento, árido grueso, árido fino y agua, con o sin la incorporación de aditivos o adiciones, que desarrolla sus propiedades por endurecimiento de la pasta de cemento (cemento y agua).

Se define como Hormigón de Muy Alto Rendimiento reforzado con Fibras (UHPRFC) a un material de base cementicia con materiales especialmente seleccionados, con una resistencia a compresión superior a 150 MPa y con refuerzo de la matriz mediante fibras de acero. Generalmente es autocompactante.

Los hormigones que aquí se definen cumplirán las especificaciones indicadas en la vigente "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)", así como las especificaciones adicionales contenidas en este artículo. Para el caso del uso de UHPRFC, para el cual todavía se carece de una normativa en España o Internacional, se han tomado como referencia las Recomendaciones "Bétons fibrés à ultra-hautes performances" propuestas por la AFGC-SETRA en Enero de 2002.

2.5.10.2. Materiales

Los materiales componentes del hormigón cumplirán las prescripciones recogidas en los siguientes puntos de este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales:

- 2.5.1. Cementos
- 2.5.2. Humo de sílice
- 2.5.3. Residuo de Craqueo Catalítico Fluidizado
- 2.5.4. Harina de cuarzo
- 2.5.5. Pigmento
- 2.5.6. Agua a emplear en morteros y hormigones
- 2.5.7. Áridos para hormigones
- 2.5.8. Aditivos a emplear en áridos y hormigones
- 2.5.9. Fibras de acero

Los áridos, cuya definición será la que figura en la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)", cumplirán todas las especificaciones recogidas en la citada Instrucción.

El Director de las Obras, fijará la frecuencia y el tamaño de los lotes para la realización de los ensayos previstos en la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)", para los casos en que varíen las condiciones de suministro, y si no se dispone de un certificado de idoneidad de los mismos emitido, con una antigüedad inferior a un año, por un laboratorio oficial u oficialmente acreditado.

No se podrán utilizar áridos que no hayan sido aprobados previa y expresamente por el Director de las Obras.

El contratista adjudicatario de las obras será responsable de la calidad de los materiales utilizados y del cumplimiento de todas las especificaciones establecidas para los mismos en este artículo, así como de todas aquéllas que pudieran establecerse en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

2.5.10.3. Tipos de hormigón y distintivos de la calidad

Los hormigones no fabricados en central no se podrán utilizar, estando en cualquier caso limitada su utilización, cuando así lo autorice el director a hormigones de limpieza o unidades de obra no estructurales.

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará, las características de los hormigones que se vayan a utilizar, así como las garantías y datos que deba aportar el contratista antes de comenzar su utilización.

El hormigón de Muy Alto Rendimiento Reforzado con Fibras utilizado para elaborar las tres primeras fases de la pasarela será, de acuerdo con la nomenclatura establecida en el Anejo 17 de la Instrucción EHE-08, del tipo HP-150/(AC-E3+AC-V2)/2/IIIa. El escurrimiento deseado de acuerdo con el ensayo UNE-EN 12350-8 es de entre 780 y 800 mm. El tiempo abierto deseado es de al menos 60 minutos. Para la cuarta fase de la pasarela el hormigón tendrá los mismos requisitos reológicos, siendo del tipo HA-135/(AC-E3+AC-V2)/2/IIIa.

Se reconoce como distintivos que aseguran el cumplimiento de los requisitos reglamentarios establecidos por la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)", aquellos reconocidos por el Ministerio de Fomento.

2.5.10.4. Dosificación del hormigón

La composición de las dos dosificaciones de UHPFRC utilizado para prefabricar la pasarela requerirá una caracterización previa tanto en laboratorio como en la empresa de prefabricados.

Para el hormigón de las tres primeras fases (UHPFRC-A) se realizarán en condiciones de laboratorio al menos 6 amasadas con la dosificación prevista para obtener:

- Resultados reológicos: Tiempo abierto, T50 y escurrimiento.
- Resultados mecánicos: Evolución de resistencias a compresión a lo largo del tiempo (1, 2, 7 y 28 días), resistencia a flexión y módulos elásticos.

En las pruebas se modificará el tipo de aditivo para obtener una buena compatibilidad con el cemento y la puzolana. Ello permitirá reducir al máximo la relación agua/cemento a fin de obtener la máxima resistencia manteniendo la trabajabilidad deseada.

En el caso del UHPFRC destinado a elaborar la cuarta fase (B), se elaborarán 3 amasadas en laboratorio hasta conseguir la tonalidad rojiza que se desea para el tablero de la pasarela. Se caracterizará reológicamente y mecánicamente de modo similar al UHPFRC de las primeras tres fases.

Por su parte, las amasadas desarrolladas en la empresa de prefabricados tendrán por objeto comprobar la idoneidad de la amasadora, de los procesos de introducción de materias primas en la misma, y del proceso de vertido del hormigón fresco.

Las características del sistema de amasado en la empresa de prefabricados puede inducir a ligeros cambios en el contenido de agua en la dosificación, que se aplicarán con el fin de obtener los valores de escurrimiento necesarios, siempre que se garantice el mantenimiento de las resistencias a compresión,

La dosificación debe ser tal que no se aprecie segregación de las fibras o de los áridos de mayor tamaño. La fluidez del UHPFRC debe garantizar una correcta orientación de las fibras de acero en la dirección de avance del fluido. La resistencia en probeta cúbica de 100 mm de lado debe ser superior a la que se exige a los 28 días en los planos del proyecto.

La dosificación propuesta para las tres primeras fases de la pasarela (UHPFRC-A) debe encontrarse entre los siguientes valores:

- Cemento 52.5 R/SR: 1000 Kg/m³ (margen de error del 2%)
- Humo de sílice: 15% del peso de cemento (margen de error 2%)
- Arena fina 0-0.5 mm, siendo entre un 35% y un 65% del total de la arena.
- Arena gruesa 0-2 mm, siendo entre un 65% y un 35% del total de la arena.
- Aditivo: Entre un 1.5% y un 3% del contenido de conglomerante.
- Relación Agua/Conglomerante: Entre 0.15 y 0.19.
- Fibras cortas: 78 Kg/m³ (margen de error del 2%)
- Fibras largas: 78 Kg/m³ (margen de error del 2%)

Las arenas se calcularán para completar 1 m³ de material. La dosificación puede ser modificada por una más económica siempre que las propiedades reológicas y mecánicas no resulten perjudicadas. Esta misma dosificación omitiendo las fibras podrá ser utilizada para capas superficiales menores a 10 mm con el fin de evitar la aparición de fibras en la superficie exterior.

La dosificación propuesta para la cuarta fase de la pasarela (UHPFRC-B) debe encontrarse entre los siguientes valores:

- Cemento 52.5 R/SR: 850 Kg/m³ (margen de error del 2%)
- Residuo de Craqueo Catalítico Fluidizado: 15% del peso de cemento (margen de error 2%)
- Harina de Cuarzo: 20% del peso de cemento (margen de error 2%)
- Arena fina 0-0.5 mm, siendo entre un 35% y un 65% del total de la arena.
- Arena gruesa 0-2 mm, siendo entre un 65% y un 35% del total de la arena.
- Aditivo: Entre un 2% y un 3% del contenido de conglomerante.
- Relación Agua/Conglomerante: Entre 0.15 y 0.19.
- Fibras cortas: 78 Kg/m³ (margen de error del 2%)
- Fibras largas: 78 Kg/m³ (margen de error del 2%)

2.5.10.5. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La puesta en obra del hormigón no deberá iniciarse hasta que el Director de las Obras haya aprobado la fórmula de trabajo a la vista de los resultados obtenidos en los ensayos previos y característicos.

La fórmula de trabajo constará al menos de:

- Tipificación del hormigón.
- Granulometría de cada fracción de árido y de la mezcla.
- Proporción por metro cúbico de hormigón fresco de cada árido (kg/m³).
- Proporción por metro cúbico de hormigón fresco de agua.
- Dosificación de adiciones.
- Dosificación de aditivos.
- Dosificación de cada tipo de fibra (% sobre el volumen total de hormigón).
 - Tipo y clase de cemento.
 - Ecurrimiento o consistencia de la mezcla.
 - Proceso de mezclado y amasado.

Los ensayos deberán repetirse siempre que se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

- Cambio de procedencia de alguno de los materiales componentes
- Cambio en la proporción de cualquiera de los elementos de la mezcla
- Cambio en el tipo o clase de cemento utilizado
- Cambio en el tamaño máximo del árido
- Variación en más de dos décimas (0,2) del módulo granulométrico del árido fino
- Variación del procedimiento de puesta en obra

En el caso del UHPFRC para la prefabricación de la pasarela, el escurrimiento se obtendrá midiendo el diametro medio de una galleta obtenida con el Cono de Abrams de treinta centímetros de altura y con base de diámetro 20 centímetros y diez centímetros respectivamente, según la norma UNE-EN 12350-8.

En el caso del UHPFRC el ensayo de escurrimiento se realizará al finalizar cada amasada que se elabore.

2.5.10.6. Amasado del UHPFRC para la prefabricación

El Hormigón de Muy Alto Rendimiento Reforzado con Fibras será amasado de acuerdo con las siguientes especificaciones:

-Se realizará un mezclado en seco del cemento, humo de sílice y arenas durante al menos 4 minutos. Las fibras cortas también pueden ser añadidas a estos. El sistema de vertido de las fibras tiene que garantizar la disgregación de los erizos presentes al extraerlas del recipiente.

-Posteriormente se añadirá el 80% del agua a añadir, y un minuto después la mitad del aditivo a previsto.

-Se mezclará hasta que el aspecto del hormigón cambie de seco a plástico. En ese momento se añadirá el agua y el aditivo restantes.

-Cuando el hormigón tenga aspecto y comportamiento fluido, se añadirá la fibra larga. Entre 3 y 5 minutos después el hormigón estará preparado para ser vertido.

El proceso total de mezclado no podrá ser inferior a 10 minutos ni superior a 25 minutos. En el caso del UHPFRC utilizado para realizar el tablero (cuarta fase de la pasarela), la harina de cuarzo será añadida junto a las arenas, el FC3R será añadido en vez del humo de sílice, y el pigmento se añadirá cuando el hormigón tenga aspecto fluido.

Al finalizar el amasado el escurrimiento deberá encontrarse entre los valores especificados en 2.5.10.3. Además se realizará una apreciación visual de la homogeneidad de la galleta obtenida, y en el caso de que se aprecie que el hormigón está claramente segregado la amasada será desechada.

2.5.11. Armaduras para el hormigón

2.5.11.1. Definición

Se definen como armaduras a emplear en hormigón armado al conjunto de barras de acero que se colocan en el interior de la masa de hormigón para ayudar a éste a resistir los esfuerzos a que está sometido.

2.5.11.2. Barras corrugadas para hormigón armado

Se denominan barras corrugadas para hormigón estructural aquellos productos de acero de forma sensiblemente cilíndrica que presentan en su superficie resaltes o estrías con objeto de mejorar su adherencia al hormigón.

Los distintos elementos que conforman la geometría exterior de estas barras (tales como corrugas, aletas y núcleo) se definen según se especifica en la UNE 36 068.

La designación simbólica de estos productos se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36 068.

2.5.11.3. Forma y dimensiones

Las barras corrugadas empleadas estarán compuestas de acero B 500 SD, cuyas características serán las siguientes:

- $f_{yk} = 510.000 \text{ KN/m}^2$
- $E = 210.000.000 \text{ KN/m}^2$
- Alargamiento en rotura mínimo: 16%
- Resistencia a tracción superior, al menos en un 15%, al límite elástico aparente o convencional del acero.

No se aceptarán las barras que presenten grietas, sopladuras o mermas de sección superiores al cinco por ciento (5 %).

Los distintos elementos que conforman la geometría exterior de estas barras (tales como corrugas, aletas y núcleo) se definen según se especifica en la UNE 36 068.

La designación simbólica de estos productos se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE 36 068.

2.5.11.4. Doblado

Salvo indicación en contrario, los radios interiores de doblado de las armaduras no serán inferiores, excepto en ganchos y patillas, a los valores que se indican en la tabla siguiente, siendo f_{ck} la resistencia característica del hormigón y f_y el límite elástico del acero, en kilopondios por centímetro cuadrado (kp/cm^2).

f_{ck} f_y	125	150	175	200	225	250	300	≥ 350
2.200	6 \emptyset	5 \emptyset	5 \emptyset	5 \emptyset	5 \emptyset	5 \emptyset	5 \emptyset	5 \emptyset
4.200	10 \emptyset^*	10 \emptyset	8 \emptyset	7 \emptyset	7 \emptyset	6 \emptyset	5 \emptyset	5 \emptyset
4.600	10 \emptyset^*	11 \emptyset	9 \emptyset	8 \emptyset	7 \emptyset	7 \emptyset	6 \emptyset	5 \emptyset
5.000	10 \emptyset^*	12 \emptyset	10 \emptyset	9 \emptyset	8 \emptyset	7 \emptyset	6 \emptyset	5 \emptyset

(*) Se limita, en el cálculo, el valor de f_y a 3.750 kp/cm^2 .

Los cercos o estribos podrán doblarse con radios menores a los indicados en la tabla anterior con tal de que ello no origine en dichas zonas de las barras un principio de fisuración.

El doblado se realizará, en general, en frío y a velocidad moderada, no admitiéndose ninguna excepción en el caso de aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos térmicos especiales. Como norma general deberá evitarse el doblado de barras a temperaturas inferiores a cinco grados centígrados (5°C).

2.5.11.5. Cordones para hormigón pretensado

Se denominan cordones aquellos productos formado por un número de alambres arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y el mismo sentido de torsión, sobre un eje ideal común. Los alambres son de acero y los cordones se utilizan para tensar el hormigón, bien mediante procedimiento de pretensado o por el de postesado.

2.5.11.6. Forma y dimensiones

Los alambres de acero para armaduras activas están compuestos de aceros án compuestas de acero de límite de rotura de 1860 MPa, cuyas características serán las siguientes:

Los cordones se diferencian por el número de alambres, del mismo diámetro nominal y arrollados helicoidalmente sobre un eje ideal común y que pueden ser 2, 3 ó 7 cordones. En este caso el cordón que se utilizará tiene 7 alambres y un diámetro nominal de 15.2 mm (Y-1860 S7).

- $f_{max} = 1.860.000 \text{ KN/m}^2$
- $1.637.000 \text{ KN/ m}^2 < f_y < 1.767.000 \text{ KN/m}^2$
- $E = 190.000.000 \text{ KN/m}^2$
- Alargamiento en rotura mínimo: 3.5%

La estricción en rotura será visible a simple vista.

2.5.11.7. Procedimiento de tesado

El tesado preteso en la empresa de prefabricados se realizará traccionando los cables simultaneamente al 70% de la carga máxima (siempre siendo este valor inferior al 85% del límite elástico característico), y fijando la tensión por medio del uso de cuñas de pretensado.

2.5.12. Encofrado

Las diferentes partes de la pasarela (alas en la primera fase y tablero en la segunda) se ejecutarán en horizontal garantizando la forma con un encofrado de chapa metálica doblada o de textura similar. Las superficies que contacten con el material podrán ser tratadas o cubiertas con el objetivo de garantizar una textura superficial homogénea y sin presencia de fibras.

Las juntas existentes entre los diferentes elementos del encofrado deberán ser completamente estancos, a fin de impedir que el fluido penetre por las mismas y aparezcan fibras tras el desencofrado.

PASARELA

2.6.1. Hormigones

Los hormigones que aquí se definen cumplirán las especificaciones indicadas en el apartado 2.5.10. contenido en este artículo.

Se empleará el siguiente hormigón para las tres primeras fases de la pasarela:

Hormigón de Muy Alto Rendimiento Reforzado con Fibras Híbrido y Autocompactante, tipo para prefabricar HP-150/(AC-E3+AC-V2)/2/IIIa con cemento tipo SR.

Para la elaboración del tablero en la cuarta fase de la pasarela, se empleará el siguiente hormigón:

Hormigón de Muy Alto Rendimiento Reforzado con Fibras Híbrido y Autocompactante, tipo para prefabricar HA-135/(AC-E3+AC-V2)/2/IIIa con cemento tipo SR.

Los materiales componentes del hormigón cumplirán las prescripciones recogidas en los siguientes puntos de este Pliego de Prescripciones Técnicas Generales:

- 2.5.1. Cementos
- 2.5.2. Humo de sílice
- 2.5.3. Residuo de Craqueo Catalítico Fluidizado
- 2.5.4. Harina de cuarzo
- 2.5.5. Pigmento
- 2.5.6. Agua a emplear en morteros y hormigones
- 2.5.7. Áridos para hormigones
- 2.5.8. Aditivos a emplear en áridos y hormigones
- 2.5.9. Fibras de acero

2.6.2. Armaduras para el hormigón

Los cordones de pretensado empleados en la pasarela cumplirán las especificaciones indicadas en el apartado 2.5.11. contenido en este artículo.

Estos tendrán 7 alambres y un diámetro nominal de 15.2 mm (Y-1860 S7).

2.6.3. Aparatos de apoyo

2.6.3.1. Definición

Son objeto de este artículo los aparatos de apoyo constituidos por placas de material elastomérico zunchado.

Además de ajustarse a lo que sigue, se tendrán en cuenta las RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO Y PUESTA EN OBRA DE LOS APOYOS ELASTOMÉRICOS PARA PUENTES DE CARRETERA, DEL MOPU (1982).

2.6.3.2. Materiales

Las placas de material elastomérico tipo neopreno deberán haber sido moldeadas bajo presión y calor con las chapas de zunchado.

Se exigirán las siguientes propiedades físicas iniciales:

- Dureza *Shore*..... 69
- Carga de rotura a tracción.....>175 kg/cm²
- Alargamiento de rotura..... >450%
- Módulo de elasticidad transversal para cargas de larga duración >6 kg/cm²
- Módulo de elasticidad transversal para cargas instantáneas.....>20 kg/cm²

Además, después de someter el material a un envejecimiento en horno durante setenta horas (70 h) a cien grados (100 °C) de temperatura, deberán satisfacerse las siguientes condiciones:

- No aparecer grietas en el ensayo de ozono.

- No experimentar un cambio de dureza superior a quince (15) grados Shore.
- No experimentar un cambio de la carga de rotura en tracción superior al quince por ciento en más o menos (±15%).
- No experimentar una disminución del alargamiento de rotura superior al cuarenta por ciento (40%).

Si el material que se propone no cumple algunas de las condiciones indicadas, cuyos valores están inspirados en las Normas ASTM, el Ingeniero Director decidirá acerca de su aceptación, teniendo en cuenta las garantías que ofrezca la casa suministradora y a la vista de otras normas europeas aplicables al caso.

Dado que estos tipos de aparatos son, en general, objeto de diversas patentes de fabricación, será aceptable cualquier marca que ofrezca el Contratista, siempre que reúna las características y calidades requeridas y sea aceptada por el Ingeniero Director.

Los apoyos de neopreno zunchado se ajustarán a los tipos y dimensiones que se indican en los planos.

Para la nivelación de los aparatos de apoyo se emplearán recredos de mortero, tipo M-450, según se indica en el artículo referente a morteros de cemento de este PPTP, aunque son también aceptables placas metálicas adecuadamente mecanizadas y fijadas a los elementos estructurales.

El aparato debe mantener sus propiedades inalterables bajo cualquier número de ciclos idénticos de carga, sin influencia por el tiempo y la temperatura.

2.6.4. Encofrados

Se cumplirá lo especificado en el apartado correspondiente del presente capítulo.

Incluye encofrado de chapa metálica o textura similar para la prefabricación de la pasarela.

2.6.5. Vidrio de seguridad

El hueco existente entre los cordones y las diagonales será completado con un vidrio de seguridad para minorar riesgos. Este estará centrado en la mitad del espesor de las diagonales y el

cordón. Se enmarcará con un elastómero que absorba las deformaciones de la pasarela, y se colocará de modo que sea fácil de limpiar por ambos lados.

2.6.6. Barandillas

La barandilla de la pasarela será el hormigón de los cordones superiores. Por ello deberá comprobarse en el 100% de la superficie exterior que no hay presencia de fibras. La textura deberá ser lisa y de aspecto metálico, algo que se controlará con el tipo de encofrado tal y como se ha explicado previamente.

Cordón superior de la pasarela, que es el pasamanos, tiene una anchura variable de entre 20 y 37 cm, situado a una cota de 98 cm respecto al nivel del tablero.

2.6.7. Pruebas de carga

Tienen por objeto comprobar las características resistentes de los tableros. No se incluyen materiales. El equipo utilizado será el de las "Recomendaciones para la ejecución de pruebas de carga en puentes de carretera".

3. CAPÍTULO 3: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

3.1. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Las obras se ejecutarán de acuerdo con las dimensiones e instrucciones de los Planos, las prescripciones contenidas en el presente Pliego y las órdenes del Director de Obra, quien resolverá las cuestiones que se planteen referentes a la interpretación o falta de definición.

El proceso constructivo de las distintas unidades que conforman el proyecto se ajustará a las especificaciones de la Normativa vigente aplicándose con preferencia las siguientes:

- Normas Tecnológicas NTE
- EHE-08
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3
- Recomendaciones Francesas para UHPFRC : Bétons fibrés à ultra-hautes performances Recommendations Provisoires, AFGC-SETRA, Enero 2002.

Por parte del Contratista deberá ponerse especial cuidado en la vigilancia y control de la correcta ejecución de las distintas unidades del Proyecto, con el fin de que la calidad se atenga a las especificaciones que sobre ellas se prevea en las distintas Normas que sirven de apoyo y guía del proceso Constructivo. La aceptación o no de las partes ejecutadas será independiente de que estas hayan sido o no certificadas, puesto que en todo caso las certificaciones deben ser consideradas como "a buena cuenta".

3.2. REPLANTEO

El replanteo de las obras se efectuará de acuerdo con las referencias situadas en el terreno y lo reflejado en los planos, dejando sobre éste referencias y/o señales suplementarias que tengan suficientes garantías de permanencia para que durante la construcción pueda fijarse con respecto a ellas la situación en planta o en altura de cualquier elemento o parte de la obra.

El Ingeniero Director de Obra podrá ordenar cuantos replanteos estime necesarios durante el período de ejecución y en sus diferentes fases, con el objeto de que las obras se ejecuten de acuerdo al Proyecto, excepto aquellas partes que sufran modificaciones por parte de la Administración, las cuales deberán ser obligatoriamente aceptadas por el Contratista según lo establecido en la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

El Contratista deberá disponer de todos los materiales, equipo y mano de obra necesarios para efectuar las labores de replanteo de detalle que aseguren que las obras se realicen en cotas, dimensiones y geometría respecto a los Planos, dentro de las tolerancias indicadas en el artículo correspondiente de este Pliego.

Todos los gastos ocasionados por los replanteos, a partir del momento de adjudicación de las obras correrán a cargo del Contratista. Los replanteos han de ser aprobados por el Director de Obra, extendiéndose la correspondiente Acta para cada uno de ellos.

3.3. OCUPACIÓN DE SUPERFICIES

Para la ejecución de las obras será precisa la ocupación temporal de las superficies. Para ello, el Contratista de acuerdo con su programa de trabajos y medios de ejecución, propondrá al Director de Obra las superficies que precisa ocupar.

El Director de Obra y la Propiedad estudiarán la posibilidad y autorizarán la ocupación, o modificarán la propuesta, debiendo ser ésta aceptada por el Contratista, sin que ello pueda significar una variación en el precio o el plazo de ejecución.

Las superficies ocupadas lo serán libres de carga para el Contratista y su ocupación tendrá carácter precario y provisional, y finalizará automáticamente al concluir los trabajos que la motivaron.

En el caso de tener que modificar la superficie ocupada o tener que cambiar de emplazamiento, todos los gastos que se produzcan serán a cargo del Contratista.

Durante la ocupación de superficies, éstas se mantendrán por el Contratista y a su cargo perfectamente señalizadas y valladas.

Al concluir la ocupación deberán dejarse en perfecto estado de limpieza, libres de obstáculos y reparados los desperfectos que se hubieran podido producir. Todos los gastos que se produzcan por estos motivos serán a cargo del Contratista.

3.4. CIRCULACIÓN Y SEÑALIZACIÓN

Todas las operaciones necesarias para la ejecución de las obras deberán llevarse a cabo de forma que no causen perturbación innecesaria o impropia a la circulación de vehículos ni a las propiedades contiguas.

La pasarela será transportada íntegramente desde la empresa de Prefabricados hasta el emplazamiento final (Buñol-Alicante). Se adaptará la capacidad del transporte especial a las necesidades geométricas y de carga de la pasarela. Se realizará un estudio técnico para determinar el itinerario más adecuado. El departamento de tráfico proporcionará los permisos y documentación necesaria para el transporte.

El jefe de transporte estudiará el itinerario escogido a fin de determinar los puntos de mayor riesgo, tal que el día del transporte se dispongan los medios necesarios para solventar los problemas.

Los plazos de transporte serán fijados con los acompañamientos policiales, acordando con ellos la hoja de ruta.

La ejecución de las obras que exija necesaria e imprescindible el corte de circulación deberá ser aprobada por el Director de obra. Los gastos que se originen por este motivo, así como la señalización de las obras serán a cargo del Contratista.

3.5. SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS DE EJECUCIÓN

El Contratista al redactar su programa de trabajos y forma de ejecución de las unidades de obra, deberá considerar que los sistemas de ejecución ofrezcan máximas garantías y seguridades para reducir al máximo los posibles accidentes y daños a las propiedades y servicios.

Por este motivo, cualquier sistema de trabajo deberá exponerse previamente al Director de Obra.

3.6. EQUIPO DE MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

El Contratista queda obligado a situar en las obras todos los equipos y medios auxiliares que se hubiese comprometido a aportar en la licencia o en el programa de trabajos.

El Director de Obra deberá aprobar los equipos de maquinaria y medios auxiliares necesarios para la ejecución de todas las unidades de obra.

Las máquinas y demás elementos de trabajo deberán estar en perfectas condiciones de funcionamiento y quedarán adscritas a la obra durante el curso de la ejecución de las unidades de

obra en que deban utilizarse, no pudiendo ser retirados sin la autorización de la Dirección de Obra.

3.7. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto establecer durante la construcción de la obra las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de conservación y mantenimiento y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajos.

Este Estudio tendrá carácter contractual, y sus unidades se medirán y abonarán de acuerdo con las especificaciones que figuran en el correspondiente Documento.

3.8. ESPECIFICACIONES SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD

Por parte de la Propiedad, y con la aprobación de la Dirección Facultativa, se encargará a un Laboratorio de Control de Calidad, con homologación reconocida, la ejecución del Control de Calidad de aceptación. Independientemente el Contratista deberá llevar a su cargo y bajo su responsabilidad el Control de Calidad de producción.

El Contratista deberá facilitar, a su cargo, al Laboratorio de Control designado por la Propiedad, las muestras de los distintos materiales necesarios, para la realización de los ensayos que se relacionan, así como aquellos otros que estimase oportuno ordenar la Dirección Facultativa. Con el fin de que la realización de los ensayos no suponga obstáculo alguno en la buena marcha de la obra, las distintas muestras de materiales se entregarán con antelación suficiente, y que como mínimo será de 15 días más el propio tiempo de realización del ensayo.

Por lo que respecta a los controles de ejecución sobre unidades de obra, bien en período constructivo, bien terminadas, el Contratista facilitará al Laboratorio de Control todos los medios auxiliares y mano de obra no cualificada, que precise para la realización de los distintos ensayos y pruebas.

En los cuadros que se acompañan, se detalla una relación de materiales con especificación de los controles a realizar, y su intensidad de muestreo, en su grado mínimo. El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fijadas para los mismos conducirá al rechazo del material en la situación en que se encuentra, ya sea en almacén, bien acopiado en la obra, o colocado, siendo de cuenta del Contratista los gastos que ocasione su sustitución.

En este caso, el Constructor tendrá derecho a realizar a su cargo un contraensayo, que designará el Director de Obra, y de acuerdo con las instrucciones que al efecto se dicten por el mismo.

Ante un supuesto caso de incumplimiento de las especificaciones, y en el que por circunstancias de diversa índole, no fuese recomendable la sustitución del material, y se juzgase como de posible utilización por parte de la Dirección Facultativa, previo el consentimiento de la Propiedad, el Director de Obra podrá actuar sobre la devaluación del precio del material, a su criterio, debiendo el Contratista aceptar dicha devaluación, si la considera más aceptable que proceder a su sustitución. La Dirección Facultativa decidirá si es viable la sustitución del material, en función de los condicionamientos de plazo marcados por la Propiedad.

Relación de ensayos previstos:

HORMIGONES
COMPONENTES DEL HORMIGÓN

CEMENTOS

Estarán exentos de los ensayos de recepción, los cementos que dispongan de distintivos oficialmente reconocidos y el certificado CC-EHE, además de las centrales que dispongan de un sello o Marca de calidad oficialmente reconocido.

ÁRIDOS

Si no se dispone de un certificado de idoneidad de los áridos emitido como máximo un año antes de la fecha de utilización, se realizarán los ensayos referidos en el artículo 28.1 de la instrucción EHE.

AGUA

Como norma general se podrán utilizar todas las aguas sancionadas por la práctica. En caso de duda o de no disponer de datos, se realizarán los ensayos referidos en el artículo 27 de la EHE.

FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN FRESCO
PASARELA

El hormigón que se utiliza es:

- HP-150

Se realizará toma de muestras de hormigón fresco para medida del escurrimiento y del valor de T50, según la norma UNE-EN 12350-8. Se fabricarán para cada amasada 8 probetas prismáticas de 100 mm de lado. No serán compactadas de acuerdo con la autocompactabilidad del material. Se mantendrán en el mismo ambiente que la pasarela y se ensayarán a 1, 2, 7 y 28 días. Además se elaborarán probetas cilíndricas de dimensiones 15x30 cm para la determinación de módulos elásticos a diferentes edades.

Se elaborarán también para cada amasada al menos tres probetas prismáticas de 100x100x400 mm para obtener la resistencia a flexo-tracción del hormigón.

- HA-135

Se realizará toma de muestras de hormigón fresco para medida del escurrimiento y del valor de T50, según la norma UNE-EN 12350-8. Se fabricarán para cada amasada 8 probetas prismáticas de 100 mm de lado. No serán compactadas de acuerdo con la autocompactabilidad del material. Se mantendrán en el mismo ambiente que la pasarela y se ensayarán a 1, 2, 7 y 28 días. Además se elaborarán probetas cilíndricas de dimensiones 15x30 cm para la determinación de módulos elásticos a diferentes edades.

Se elaborarán también para cada amasada al menos tres probetas prismáticas de 100x100x400 mm para obtener la resistencia a flexo-tracción del hormigón.

ACERO

ACEROS PARA PRETENSAR

El acero que se utiliza para los cordones es de 1860 MPa. Deberá tratarse de un producto certificado.

ACEROS PARA ARMAR

El acero que se utiliza es B-500SD.

Deberá tratarse de un producto certificado.

Relación de normas donde se han extraído dichos ensayos:

HORMIGÓN:

- UNE-83300

- UNE-83301

- UNE-83303

- UNE-83304

- UNE-83313

ACEROS PARA PRETENSAR

- UNE-EN ISO 15630-3.

- UNE 36094.

-UNE 7436.

ACERO PARA ARMAR:

- UNE-7474/92

- UNE-36088/81

- UNE-36068/88

- UNE-36097/81

- UNE-36401/81

3.8.1. Hormigones

3.8.1.1. Acabado del hormigón

Las tolerancias de acabado en las superficies de hormigón desencofradas son las que se especifican en el apartado correspondiente del artículo Encofrados (3.13.1.).

Las superficies no encofradas se alisarán, mediante plantilla o fratás, estando el hormigón fresco, no admitiéndose una posterior extensión de hormigón. Se revisará en todo caso la ausencia de fibras en la superficie. La tolerancia máxima será de seis milímetros (6 mm), respecto de una regla o escantillón de dos metros (2 m) de longitud, medidos en cualquier dirección.

3.8.1.2. Fabricación y transporte

El hormigón UHPFRC para la pasarela prefabricada se elaborará de acuerdo con lo estipulado en 2.5.10.

Se realizarán pruebas de consistencia (cono de Abrams) con muestras de hormigón obtenidas del principio y final de una misma amasada.

No se añadirá agua al hormigón durante su transporte y colocación.

3.8.1.3. Entrega y vertido

La entrega del hormigón deberá regularse de manera que su puesta en obra se efectúe de manera continua.

El hormigón destinado a la prefabricación de la pasarela se verterá en la empresa de prefabricados de acuerdo con lo estipulado en el apartado correspondiente.

3.8.1.4. Control de calidad

El control de calidad se efectuará de acuerdo con lo dispuesto en la instrucción EHE.

3.8.2. Limpieza de superficie de hormigón

En el caso del hormigón UHPFRC de la pasarela, tras acabar cada fase de fabricación se realizará una inspección visual del 100% de la superficie, prestando especial atención a las aristas y a las superficies de contacto con los usuarios. Las fibras que asomen a la superficie exterior serán arrancadas, y si se aprecian coqueas serán rellenadas con material de similares características.

3.8.3. Anclaje de armaduras a obra de hormigón existente

La mezcla utilizada para relleno y sellado en anclaje de armaduras está formada por un mortero de alta resistencia mecánica, a base de resinas epoxi sin disolventes y cargas de granulometría especial, para colocar por vertido, dada su fluidez y facilidad de colocación.

Los soportes deberán estar limpios, sanos, exentos de grasas y aceites. Eliminar las partes mal adheridas, la lechada superficial de cemento, óxidos, cascarillas, restos de pinturas, etc.

En general, la preparación de los soportes deberá realizarse mecánicamente.

La temperatura óptima para su aplicación está comprendida entre +15°C y +30°C.

Los soportes pueden estar húmedos pero sin agua estancada, presión de agua o de vapor durante la polimerización del producto.

Se aconseja utilizar guantes de goma y gafas protectoras durante su manipulación.

Los soportes deberán estar limpios, sanos, exentos de grasas y aceites.

Se eliminarán las partes mal adheridas, la lechada superficial de cemento, óxidos, cascarillas, restos de pinturas, etc.

La temperatura óptima para su aplicación está comprendida entre +15°C y +30°C.

3.9. PASARELA

3.9.1. Cimentaciones, subestructura y estructura

La estructura y las subestructuras cumplirán con todas las normas en vigor, en cuanto a la valoración de cargas, esfuerzos, coeficientes de seguridad, colocación de elementos estructurales y ensayos y control de la misma según se especifica en las hojas adjuntas. Cumplirán las condiciones que se exigen en las instrucciones IAP-98, EHE-08..

No obstante, se incluyen una serie de condiciones de ejecución que habrán de verificarse en la elaboración, colocación y construcción definitiva de la misma.

La geometría y armado de los cordones y las diagonales se ha escogido en base a ensayos previos realizados en elementos a escala real, que permiten comprobar realmente el efecto de la orientación de las fibras y el trabajo conjunto de las armaduras activas y pasivas con el hormigón.

Se replanteará perfectamente toda la estructura de acuerdo con los planos, tanto en planta como en altura y tamaños, antes de proceder a la colocación y construcción definitiva de la misma.

Se comprobarán en todos los casos las nivelaciones y verticalidad de todos los elementos tanto de encofrado como de estructura.

3.9.1.1. Hormigones

En cuanto a su puesta en obra, se cumplirán las especificaciones que se incluyen en el apartado 3.13.3. del presente capítulo.

3.9.1.2. Armaduras para el hormigón

En cuanto a su puesta en obra, se estará a lo dispuesto al respecto en el apartado 3.10. del presente capítulo.

3.9.1.3. Vertido del UHPFRC

El Hormigón de Muy Alto Rendimiento reforzado con Fibras (UHPFRC) será colocado utilizando maquinaria que permita verter en diferentes puntos y controlar adecuadamente la velocidad del flujo (tornillo sin fin, cubetas, u otros).

Es requisito indispensable que durante todo el proceso de vertido no se inicien dos frentes de flujo separados, pues el punto en el que estos se encuentran implica una zona de bajo contenido en fibras.

Es necesario durante el proceso de vertido favorecer el movimiento del fluido en la dirección de los esfuerzos, pues la fibra debe orientarse mayoritariamente en esa dirección.

Las zonas con gran concentración de armado serán especialmente controladas, revisando que las fibras no obstruyan el avance del material. En estos puntos se comprobará utilizando elementos afilados que el hormigón ha llenado toda la sección adecuadamente.

3.9.1.4. Proceso de prefabricación de la pasarela

La prefabricación de la pasarela se realizará hormigonando en cinco fases diferenciadas:

1.-Fabricación en horizontal de las dos celosías laterales.

2.-Fabricación de los cordones superiores en una segunda fase, manteniendo la estructura en horizontal. Se podrá modificar ligeramente la dosificación en la cara más superficial eliminando las fibras, con el objetivo de que estas no asomen al exterior. Al menos 24 h después se alzarán ambos elementos y se colocarán inclinadas con un ángulo de 80,5 grados respecto a la horizontal en un molde tradicional de vigas artesana de hormigón.

3.-En una tercera fase se lanzarán los cables de pretensado y se procederá al mismo. Se verterá el hormigón para generar el cordón inferior y la celosía horizontal inferior.

4.-En una cuarta fase se realizará el tablero horizontal ortótropo en diferentes tramos. Este se realizará con un hormigón HA 135 de una cierta tonalidad acordada con la Dirección de Obra, de acuerdo con lo definido en el apartado 2.5.10.3.

5.- Se colocarán los tramos de tablero en la pasarela y con el hormigón HA-135 se hormigonarán las juntas en ambas direcciones, conectando así el tablero a las dos celosías inclinadas.

Finalmente, y al menos 48 horas después de ejecutar el tablero, se soltarán los gatos de pretensado y la pasarela se encontrará en disposición de ser transportada.

- Ensayo de dureza Shore (UNE-EN ISO 868): un ensayo por cada estructura.

3.9.1.5. Aparatos de apoyo

Definición

Son objeto de este artículo los aparatos de apoyo constituidos por placas de material elástico zunchado.

Ejecución

Todos los tipos de aparatos de apoyo se colocarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante y las órdenes del Director de Obra.

La orientación y colocación serán las indicadas en los Planos.

Las superficies laterales de los apoyos se limpiarán y se evitará todo contacto con grasas, aceites, gasolinas, bencinas o cualquier otra sustancia que pueda perjudicarlos. El banco de apoyo, cuando no se construya con pendiente hacia algún lateral, estará dotado de un dispositivo de drenaje.

El mortero de cemento tendrá una consistencia lo más seca posible compatible con una correcta puesta en obra a efectos de que su retracción sea mínima.

Sus dimensiones en planta serán las del aparato de apoyo con el sobrecancho indicado en los planos por todas sus bandas.

Su altura será inferior a ocho centímetros (8 cm). En caso de ser necesario un espesor mayor, se armará y zunchará o se tomarán medidas especiales que garanticen su buen comportamiento.

Las tolerancias de colocación de aparatos de apoyo serán más o menos dos centímetros (± 2 cm) en planta y más o menos un centímetro (± 1 cm) en cota.

Control de calidad. Tolerancias.

El programa de ensayos que deberá presentar el Contratista contendrá como mínimo los siguientes ensayos:

- Control dimensional: una determinación por cada tipo de aparato de apoyo recibido en una misma partida.

3.9.1.6. Vidrio de Seguridad

El vidrio será cortado a medida en el taller correspondiente, y será colocado en la empresa de prefabricados por operarios cualificados.

3.9.2. Pruebas de carga

Tienen por objeto comprobar las características resistentes de los tableros. Las pruebas de carga a realizar seguirán los criterios de las "Recomendaciones para la ejecución de pruebas de carga en puentes de carretera", MOPU, 1988.

Se procederá introduciendo en el tablero un 60% del valor de la sobrecarga repartida, valor que en este caso es de 3 KN/m^2 . La carga puede ser introducida mediante balsas que llenarán con agua o mediante palets con sacos. Posteriormente se procederá a una descarga paulatina.

Se medirá la flecha en el centro de vano (centro de la pasarela) en tiempo real y se cuantificará la flecha elástica y la flecha remanente plástica, que serán contrastadas con las que proporciona el modelo de cálculo.

A fecha de la prueba de carga, se realizarán ensayos de módulo elástico en probeta cilíndrica de 15×30 cm al UHPFRC, a fin de disponer de las características reales del material en el momento exacto de la prueba.

El Contratista deberá adjuntar a los cálculos de la estructura propuesta, un apartado donde se recojan las pruebas a ejecutar y la predicción de las flechas.

La prueba de carga deberá ser aprobada tanto en su ejecución como en su cuantía por el Ingeniero Director de Obra.

3.10. UNIDADES NO INCLUIDAS EN EL PLIEGO

En aquellas unidades de obra que no hayan sido incluidas en el Pliego o en los Planos y Presupuesto, se utilizará materiales y ejecutarán atendiendo a las reglas de buena práctica constructiva y a lo sancionado por la costumbre, y ajustándose en todo caso a lo que sobre el particular disponga el Director de Obra.

Valencia, Marzo 2012

Los autores del Proyecto

 Fdo: Pedro Serna Ros	 Fdo: Juan Ángel López Martínez
 Fdo: Juan Navarro Gregori	 Fdo: Esteban Camacho Torregrosa

