

**Puente Tensairity para pasarela
peatonal en el PMT-UPC
de Castelldefels
(737-PRO-CA-5385)**

C. Estruch
B. Suárez
J. Marcipar

Puente Tensairity para pasarela peatonal en el PMT-UPC de Castelldefels (737-PRO-CA-5385)

C. Estruch
B. Suárez
J. Marcipar
1

Publicación CIMNE N^o-380, Septiembre 2012

PUENTE TENS AIRITY[®] PARA PASARELA PEATONAL EN EL PMT-UPC DE CASTELLDEFELS

Autor: Carles Estruch i Tena

Tutores: Benjamín Suárez Arroyo, Javier Marcipar

RESUMEN

Actualmente el espacio formado por el “Parc Mediterrani de la Tecnologia” y el Campus Universitario de la Universitat Politècnica de Catalunya (PMT-UPC) de Castelldefels está en expansión. Es por ello que se está pensando en la construcción de dos pasarelas peatonales para cruzar la laguna de laminación de la “Olla del Rei”, conectando de esta forma el PMT-UPC con el paseo del Pitort. Dado que el PMT-UPC pretende ser un referente ambiental y tecnológico, se plantea como alternativa óptima la construcción de una pasarela peatonal ligera diseñada mediante una novedosa tecnología neumática conocida y patentada con el nombre de Tensairity[®].

Las estructuras ligeras son un reto para el ingeniero estructural y un importante avance hacia una arquitectura sostenible. Tensairity[®] es un concepto que hace referencia a estructuras neumáticas ligeras basadas en una sutil interacción entre cables, elementos de compresión, membranas y aire a baja presión. En Tensairity[®], compresión y tracción están físicamente separados por una membrana de tejido hinchada a baja presión, el fin de la cual es, por un lado pretensar el elemento de tracción, y por el otro estabilizar el elemento de compresión frente al pandeo. Esto permite llevar al material hasta su límite plástico, tanto para tracción como para compresión, dando como resultado vigas que pueden ser varios órdenes de magnitud más ligeras que las vigas metálicas convencionales, manteniendo siempre su misma capacidad de carga. Aplicaciones ideales para esta tecnología son cerchas, estructuras con grandes luces, estructuras temporales, pasarelas peatonales o incluso estructuras de despliegue rápido para casos de emergencia, entre otras.

La pasarela peatonal objeto de este proyecto está compuesta por dos partes bien diferenciadas, una pasarela Tensairity[®] que cruza la laguna de laminación y dos estructuras de madera a modo de embarcaderos, una a cada lado de la pasarela y donde ésta se apoya hasta alcanzar los caminos que bordean el trazado de la laguna. La pasarela Tensairity[®] está formada por dos vigas Tensairity[®] compuestas cada una de ellas por un tubo hinchable de PVC en cuya parte superior se apoya una viga de madera a modo de elemento de compresión y en su parte inferior una cinta de carga a modo de elemento de tracción. Sobre estas dos vigas se sustenta la superestructura de la pasarela formada por vigas transversales de madera sobre las que se apoya el tablero y las barandillas, también de madera. Las estructuras de apoyo se construyen igualmente en madera, con una tipología estructural similar al de la pasarela y mediante el uso de pilotes que recuerda en cierta manera los embarcaderos presentes en los ríos, de forma que la estructura completa esté integrada en el entorno.

Palabras clave: *Tensairity[®], Puentes, Pasarela Peatonal, Tecnología Neumática, Baja Presión, Límite Plástico, Estructuras Ligeras, Tejido, Despliegue Rápido, Madera*

ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO

1. DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

1.0. Memoria

1.1. Anejo I: Reportaje fotográfico

1.2. Anejo II: Estudio de alternativas

1.3. Anejo III: Cartografía y topografía

1.4. Anejo IV: Geología y geotecnia

1.5. Anejo V: Hidráulica e hidrología

1.6. Anejo VI: Bases de cálculo

1.7. Anejo VII: Medidas correctoras de impacto ambiental

1.8. Anejo VIII: Estudio de seguridad y salud

1.8.1. Memoria

1.8.2. Planos

1.8.3. Pliego de prescripciones técnicas particulares

1.8.4. Presupuesto

1.9. Anejo IX: Procedimiento Constructivo

1.10. Anejo X: Control de Calidad

1.11. Anejo XI: Plazo de ejecución de la obra

2. DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

3. DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

4. DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO

4.1. Mediciones

4.2. Cuadro de precios nº 1

4.3. Cuadro de precios nº 2

4.4. Presupuesto

4.5. Resumen del presupuesto

4.6. Última hoja

Documento nº 1

MEMORIA Y ANEJOS

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

1.0. Memoria

1.1. Anejo I: Reportaje fotográfico

1.2. Anejo II: Estudio de alternativas

1.3. Anejo III: Cartografía y topografía

1.4. Anejo IV: Geología y geotecnia

1.5. Anejo V: Hidráulica e hidrología

1.6. Anejo VI: Bases de cálculo

1.7. Anejo VII: Medidas correctoras de impacto ambiental

1.8. Anejo VIII: Estudio de seguridad y salud

1.9. Anejo IX: Procedimiento Constructivo

1.10. Anejo X: Control de Calidad

1.11. Anejo XI: Plazo de ejecución de la obra

Documento nº 1:
Memoria y anejos
MEMORIA

ÍNDICE

1. Antecedentes y estado actual	2
2. Necesidad del proyecto	3
3. Objeto del proyecto	4
4. Condicionantes	5
5. Estudio de alternativas	5
6. Cartografía y topografía	6
7. Geología y geotecnia	6
8. Hidráulica e hidrología	7
9. Descripción de las obras proyectadas	7
10. Bases de cálculo	9
11. Servicios afectados	10
12. Expropiaciones	10
13. Accesibilidad	10
14. Evaluación de impacto ambiental	11
15. Seguridad y salud	11
16. Procedimiento constructivo	12
17. Control de calidad	12
18. Justificación de precios	13
19. Resumen de presupuestos	13
20. Declaración de obra completa	13
21. Plazo de ejecución de la obra	14
22. Plazo de garantía	14
23. Clasificación del contratista	14
24. Revisión de precios	15
25. Documentos que integran el proyecto	15
26. Conclusiones	16

1. Antecedentes y estado actual

El PMT-UPC es un espacio donde conviven el “Parc Mediterrani de la Tecnologia” (PMT) y el Campus Universitario de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). El PMT es un parque científico y tecnológico impulsado por la Generalitat de Catalunya, el Consell Comarcal del Baix Llobregat, el ayuntamiento de Castelldefels y la propia UPC. De esta forma, el PMT-UPC es un núcleo de confluencia de intereses que, bajo un mismo modelo, integra, interconecta y genera sinergias entre centros docentes, de investigación, empresas con actividad de innovación tecnológica y empresas derivadas (“spin-off”) de base tecnológica.

El PMT-UPC se emplaza contiguo a los suelos residenciales de Castelldefels en el vacío urbano generado por sus dos núcleos de población.

Limita, por el norte, con el Plan parcial Camí Ral, la carretera C-245 y la línea de Renfe; por el este con las zonas de equipamientos, zonas verdes y de aparcamiento del Plan parcial Camí Ral, el camino de la Barona y el Canal Olímpico de Piragüismo de aguas tranquilas; por el sur, por medio del paseo del Pitort, con el núcleo urbano de Castelldefels, y por el oeste mediante la calle de Barcelona, la zona residencial del núcleo urbano de Castelldefels y el polígono 5 del Plan Parcial residencial Can Bou.

La C-32 divide la zona en dos partes diferenciales, al norte y al sur de esta vía y configura un enlace con el camino de la Barona que tiene que llegar a ser el acceso principal para vehículos rodados al recinto universitario juntamente con la autovía de Castelldefels (C-31).

En la actualidad el sector goza de una buena accesibilidad a través de la autovía de Castelldefels (C-31), la carretera C-245 y también desde el Camí Ral, antigua carretera de Valencia o de los centros emisores, y la avenida de la Pineda.

En conjunto, estas cuatro vías forman un circuito de red vial básica entorno al recinto universitario que facilita la comunicación del entorno.

El sector está bien comunicado mediante transporte público con una comunicación ferroviaria fácil como consecuencia de su situación contigua a la estación de Renfe de Castelldefels, al noroeste, y con el servicio de autobuses con el centro de Barcelona, a través de la autovía de Castelldefels (C-31).

Con el fin de seguir unas directrices de actuaciones ambientales, durante el diseño y construcción del PMT-UPC se creó el “Pla ambiental del Parc Tecnològic de la

Mediterrània”. En este sentido se generó la laguna de la “*Olla del Rei*”, un nuevo espacio consistente en una laguna de laminación dentro del campus como ejemplo de la posibilidad de hacer compatible la actividad humana con la preservación de valores naturales de un espacio representativo del ecosistema deltaico mediterráneo. La laguna, construida a partir del agua del acuífero del subsuelo, es un espacio natural que recrea las marismas deltaicas, acogiendo especies de fauna y vegetación de interés internacional. A parte de la función medioambiental, la laguna de laminación tiene también la función de recoger las aguas de lluvia que provienen del campus, mediante un sistema de escorrentía superficial que dirige las aguas hacia ella aprovechando las pendientes del terreno. También recibe las aguas pluviales del propio municipio de Castelldefels (a través de las corredoras) en caso de lluvias intensas, ya que los canales que recogían el agua que descendía de las montañas del Garraf eran insuficientes para canalizarla toda hacia el mar. Los canales, en el caso de rebosar, vacían el exceso de agua al interior de la cubeta de la laguna consiguiendo de esta forma el efecto de laminación, es decir, la reducción del caudal de agua que circula por ellos mediante el almacenamiento temporal en la laguna.

Actualmente está urbanizado el vial longitudinal continuación de la calle de la Coruña que conecta con la avenida del Canal Olímpic por el puente sobre la corredora “interceptor nord”, así como la plaza central del PMT-UPC con el acceso a través de una pasarela peatonal por encima de la C-32 en el sector norte. Completa la urbanización del campus la continuación de la avenida de Catalunya que une la plaza central del PMT-UPC con la rotonda del paseo del Pitort.

En el “*Anejo I: Reportaje fotográfico*” se adjuntan fotografías de la zona donde se observa el estado actual de urbanización del PMT-UPC.

2. Necesidad del proyecto

En el planeamiento del PMT-UPC consta la urbanización de tres accesos más a parte de los ya mencionados en el apartado anterior, los cuales no están todavía construidos.

Por un lado está la construcción de un vial longitudinal que cruza el campus paralelo al ya existente y que conecta con la Rambla de Marisol.

Por el otro, están previstos dos accesos más perpendiculares a estos viales anteriores y que conectan con el paseo del Pitort, y son continuación de las calles de la Dàlia y de la Ginesta respectivamente. Son precisamente estos dos últimos accesos los que requieren de la construcción de unas pasarelas peatonales para cruzar la laguna de laminación del PMT-UPC, y es donde se centra este proyecto.

En el “*Anejo I: Reportaje fotográfico*” se adjuntan fotografías de la zona donde se observa el estado actual de urbanización del PMT-UPC, así como su localización ya la de las pasarelas a proyectar.

3. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es la definición, justificación, cálculo, mediciones y valoración de las obras necesarias para la construcción de una pasarela peatonal mediante el uso de la novedosa tecnología Tensairity® sobre la laguna de laminación del PMT-UPC, que lo conecta con el paseo del Pitort y forma parte del vial que es continuación de la calle de la Ginesta.

Si bien este tipo de estructuras no están pensadas para un uso permanente de larga duración, en este caso su carácter innovador lo hace atractivo para la construcción. Es por ello que lo que se plantea en este proyecto es el diseño de una pasarela peatonal con unas medidas que se ajusten a cualquiera de las dos pasarelas pendientes de construcción y lo que varía es la estructura de apoyo en cada uno de los posibles emplazamientos (en este proyecto se ha tomado en consideración el emplazamiento de una de las dos pasarelas pendientes de construcción para poder definir unas medidas concretas, pero el procedimiento sería idéntico en el otro caso y el resultado obtenido muy similar).

Puesto que la pasarela Tensairity® puede transportarse a otras ubicaciones en caso de querer ser expuesta o incluso alquilada para su uso temporal, así como simplemente ser guardada hasta futuros usos, las estructuras de apoyo de madera se plantean asimilándolas a los típicos embarcaderos de los ríos de forma que cuando no exista la pasarela no se produzca un impacto visual importante y éstas sigan siendo funcionales simplemente añadiendo una barandilla frontal para evitar caídas a la laguna.

4. Condicionantes

Para la definición de la pasarela objeto del presente proyecto es necesario tener en cuenta unos determinados condicionantes:

- La actuación está claramente condicionada por el entorno que la rodea ya que se trata de una zona de interés medioambiental, lo que implica que es necesario integrar la actuación perfectamente en el paisaje y hay que tener en cuenta las medidas ambientales necesarias.
- En el proyecto de urbanización del PMT-UPC existente ya está definida la traza prevista de las dos pasarelas pendientes de construcción, con lo cual es un parámetro que hay que respetar.
- La posición y altura de los extremos de las pasarelas también están determinados en el proyecto existente, ya que estos deben estar situados en unos caminos de tierra que bordean la laguna.
- La capacidad portante del terreno donde se situará la pasarela también es un factor importante a tener en cuenta en el caso de los apoyos, así que se deberán considerar los datos extraídos de estudios geotécnicos de la zona.
- Teniendo en cuenta los aspectos hidráulicos de la laguna de laminación se pueden extraer limitaciones impuestas por el calado máximo previsto, por tanto se debe definir una estructura que no suponga una disminución considerable del gálibo libre.
- Por último se deben respetar los aspectos de accesibilidad definidos por normativa en Cataluña, así como otros aspectos de diseño y cálculo requeridos por las distintas normativas que rigen este tipo de estructuras.

5. Cartografía y topografía

Para la elaboración de este proyecto se ha consultado la cartografía y topografía existente del Institut Cartogràfic de Catalunya para la zona de estudio del PMT-UPC:

- Ortofotomapa 1:2500. Hoja: "285-131"
- Mapa topográfico 1:5000. Hoja: "285-131"

Además se dispone de un levantamiento topográfico de la zona en formato DWG extraído del proyecto "*Modificació puntual del pla especial del PMT*" de noviembre de 2006, facilitado por "*RQP Arquitectura*".

En el “*Anejo III: Cartografía y topografía*” se adjunta información sobre la documentación utilizada en este proyecto.

6. Geología y geotecnia

Con el fin de caracterizar la zona afectada por el proyecto, establecer los parámetros geotécnicos necesarios para el diseño de los cimientos de la pasarela y conocer las características geológicas de la zona donde se llevaran a cabo las obras se ha procedido a la búsqueda de un estudio geotécnico reciente de la zona.

Gracias al proyecto de urbanización del PMT-UPC “*Projecte d’urbanització per a l’establiment d’un recinte universitari a Castelldefels*” facilitado por el “*Institut Català del Sòl (INCASÒL)*” se dispone del proyecto constructivo de las pasarelas ya ejecutadas. A partir de este proyecto se ha obtenido el estudio geotécnico de la zona del cual se han extraído las características necesarias para el cálculo de los cimientos de la estructura. Este estudio se adjunta en el “*Anejo IV: Geología y geotecnia*”.

Igualmente, en un futuro, antes de la construcción de la pasarela será necesaria la realización de un nuevo estudio geotécnico en el punto exacto donde se va a ubicar para comprobar que las hipótesis sobre la resistencia del terreno han sido adecuadas.

7. Hidráulica e hidrología

No se ha podido obtener el estudio hidráulico de la zona, si bien en el proyecto de urbanización del PMT-UPC “*Projecte d’urbanització per a l’establiment d’un recinte universitari a Castelldefels*” facilitado por el “*Institut Català del Sòl (INCASÒL)*” está determinado el nivel de agua normal, mínimo y máximo que se puede dar en la laguna de laminación.

Por consiguiente se tomará como calado de diseño el nivel máximo determinado en dicho proyecto, el cual viene determinado por una cota de 1,65 m respecto al nivel del mar.

De todas formas, en un futuro, antes de la construcción de la pasarela será necesaria la realización de un estudio hidráulico de la zona para comprobar que las hipótesis adoptadas han sido adecuadas.

En el “Anejo V: Hidráulica e hidrología” se adjunta la información referente a los aspectos hidráulicos extraídos del proyecto mencionado anteriormente.

8. Estudio de alternativas

Dado que la traza prevista para las pasarelas ya está definida en el proyecto del PMT-UPC no hay opción de plantear alternativas sobre su posicionamiento. Lo que sí se propone es un estudio de alternativas sobre la tipología estructural óptima a adoptar para este caso en particular.

En el “Anejo II: Estudio de alternativas” se muestra este estudio, realizado mediante un análisis multicriterio adaptado a las necesidades particulares del PMT-UPC.

La conclusión es que dado que el PMT-UPC pretende ser un referente ambiental y tecnológico, así como otros motivos, se ha obtenido como conclusión que la mejor alternativa es la construcción de una pasarela peatonal ligera diseñada mediante la novedosa tecnología neumática Tensairity®.

9. Descripción de las obras proyectadas

La pasarela peatonal objeto de este proyecto está compuesta por dos partes bien diferenciadas, una pasarela Tensairity® que cruza la laguna de laminación y dos estructuras de madera (a modo de embarcaderos), una a cada lado de la pasarela y donde se apoya ésta, con la longitud necesaria para alcanzar los caminos que bordean el trazado de la laguna.

9.1. Pasarela Tensairity®

La pasarela tiene una longitud total de 23,5 metros (distancia entre apoyos 22,15 m) y una anchura de 7,5 metros (anchura libre circulable para peatones de 6 metros). Se compone de una parte estructural básica compuesta por dos vigas Tensairity® paralelas entre sí separadas una distancia de 3,6 m entre ejes, las cuales sirven de soporte al resto de la pasarela. El pendiente máximo es menor del 8%, el cual está limitado por la normativa de accesibilidad.

Tal y como se detalla en la documentación básica adjunta, las vigas Tensairity® están formadas por 3 elementos:

- Un tubo hinchable de PVC de 20,75 m de longitud y unas dimensiones en su sección central de 1,80 m de altura y 2,10 m de anchura. Para respetar la limitación de pendiente máximo, la parte superior del tubo en el centro está situada 0,47 m por encima del eje de sustentación de la pasarela, mientras que la parte inferior queda 1,33 m por debajo. El tubo está formado por 2 cámaras de aire independientes en dirección longitudinal, separadas por una sección de tejido central que, a parte de dividir el tubo en dos partes iguales, ayuda a pretensarlo dando una mayor rigidez inicial.
- Un elemento de compresión de madera de 22,3 m de longitud y una sección transversal de 450 mm x 102 mm, situado longitudinalmente sobre el tubo.
- Un elemento de tracción compuesto por cintas de carga de poliéster de una longitud de 22,9 m y una sección de 600 mm x 7,6 mm, situado a lo largo de la longitud del tubo por su parte inferior.

Las vigas Tensairity® se sitúan sobre las estructuras de madera a ambos lados de la laguna mediante unos apoyos fabricados mediante placas de acero soldadas. Estos apoyos sirven a su vez para fijar los elementos de tracción y compresión por sus extremos y formar así la viga para que trabaje en conjunto uniformemente. El peso de cada una de las vigas es de unos 750 kg sin contar los apoyos.

El resto de la estructura de la pasarela está construido en madera, y se compone de las siguientes partes, con un peso total de unos 4400 kg:

- Vigas transversales de 7,5 m de longitud situadas cada metro transversalmente a las dos vigas Tensairity®, con una sección de 102 mm x 150 mm.
- Un tablero formado por lamas de sección 100 mm x 33 mm situadas sobre las vigas transversales, en dirección paralela a las vigas Tensairity®, con una superficie total a cubrir de 23,5 m x 6,0 m.
- Barandillas formadas por elementos verticales de 1,05 m de altura y sección transversal 102 mm x 100 mm, fijadas a las vigas transversales mediante elementos diagonales de 1,21 m de longitud y sección 33 mm x 100 mm. Sobre estos elementos se coloca un pasamanos de 150 mm x 51 mm y longitud 23,7 m, así como dos láminas más entre el pasamanos y el tablero para evitar caídas, ambas de 33 mm x 150 mm.

9.2. Estructura de apoyo

Las estructuras de madera donde se apoya la pasarela Tensairity® son dos: lado norte y lado sur. La estructura del lado norte tiene una longitud de 17,1 m medida desde el apoyo de la pasarela hasta el extremo del camino que bordea la laguna, mientras que la del lado sur mide 11,4 m. Ambas estructuras mantienen un pendiente máximo menor del 8%, tal y como limita la normativa de accesibilidad.

Con el fin de mantener una cierta uniformidad en el diseño, la anchura de estas estructuras es la misma que en la pasarela. En este sentido, las estructuras de madera a ambos lados de la pasarela Tensairity®, donde ésta se apoya, están formadas por pilotes para la cimentación sobre los cuales se apoya la misma superestructura existente sobre las vigas Tensairity® conservando las mismas dimensiones en todos los elementos (vigas transversales, tablero y barandillas), salvo dos aspectos: la separación entre vigas transversales es de 2 m y esto a su vez obliga a que las vigas transversales tengan una sección un poco mayor.

La cimentación de estas estructuras de apoyo está formada por 2 filas paralelas de pilotes de madera separadas 3,6 metros, coincidiendo justo con las líneas marcadas por los ejes de las vigas Tensairity®. La separación entre pilote y pilote es de 2 metros, y el número de pilotes es el necesario hasta alcanzar los caminos que bordean el trazado de la laguna (2 filas de 8 en el lado norte y 2 filas de 6 en el lado sur). Todos los pilotes tienen un diámetro de 150 mm y están clavados a una profundidad de 8 m, excepto los 4 pilotes sobre los que se apoyan las 2 vigas Tensairity® que tienen un diámetro de 350 mm y están clavados a una profundidad de 10 m.

La superestructura es idéntica a la de la pasarela Tensairity®, con la diferencia que sobre cada pareja de pilotes, en sentido transversal a la pasarela, se apoyan las vigas transversales de 7,5 m de longitud, esta vez situadas cada 2 metros y con una sección de 138 mm x 200 mm. El tablero y las barandillas conservan las mismas dimensiones y se apoyan sobre estas vigas como en el caso anterior.

10. Bases de cálculo

Los cálculos y el diseño del presente proyecto se han basado en la novedosa tecnología Tensairity® (explicada en el “Anejo VI: Bases de cálculo”), siguiendo las siguientes normativas:

- IAP-11, Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (2011).
- EUROCÓDIGO 5, Proyecto de estructuras de madera (2006).
- UNE-EN 13782, Estructuras temporales (2007).
- Decreto 135/1995 de 24 de marzo, de despliegue de la Ley 20/1991 de 25 de noviembre, de promoción de la accesibilidad y de supresión de barreras arquitectónicas, y de aprobación del código de accesibilidad, de Cataluña.

El “*Anejo VI: Bases de cálculo*” tiene por objeto dejar constancia de todos los aspectos estructurales que se han tenido en cuenta en el diseño de la pasarela y describir el proceso de cálculo empleado, así como también exponer los resultados obtenidos de las distintas comprobaciones realizadas.

11. Servicios afectados

No se prevé afectar ningún servicio durante la construcción de las actuaciones definidas en el presente proyecto. Si por el contrario algún servicio se viese afectado, se tomarán las medidas oportunas para la correcta reposición en su totalidad.

12. Expropiaciones

Los terrenos donde se prevé la construcción de las pasarelas están completamente dentro del mismo PMT-UPC de Castelldefels, con lo cual no es necesaria su expropiación ni ocupaciones temporales.

13. Accesibilidad

La normativa sectorial en Cataluña obliga el cumplimiento de la normativa de accesibilidad, es por ello que el diseño se ha llevado a cabo siguiendo las normas establecidas por el diario oficial de la Generalitat de Catalunya. Siguiendo el Decreto 135/1995 de 24 de marzo, de despliegue de la Ley 20/1991 de 25 de noviembre, de promoción de la accesibilidad y de supresión de barreras arquitectónicas, y de aprobación del código de accesibilidad.

14. Evaluación de impacto ambiental

Debido al alto valor ambiental que deben tener las actuaciones dentro del ámbito del PMT-UPC de Castelldefels, la pasarela peatonal objeto de este proyecto se ha diseñado pensando en una integración paisajística lo más cuidada posible, así como un procedimiento constructivo que produzca el mínimo impacto en el medio. Por ello se ha planteado una solución empleando en su mayor parte la madera como material de construcción en la pasarela y las estructuras de apoyo, las cuales se asemejan a los típicos embarcaderos presentes en los ríos, con un impacto visual bastante agradable.

Según la Ley 6/2001, de 8 de mayo de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, en el caso del presente proyecto no es necesaria la presentación ante el Organismo Competente de una evaluación de impacto ambiental por no encontrarse la actuación objeto de éste dentro del anejo I ni del anejo II de dicha Ley. Aun así, en el "*Anejo VII: Medidas correctoras de impacto ambiental*" se presenta un documento con una serie de medidas correctoras que pretende ayudar a identificar y describir las repercusiones derivadas de la construcción de la nueva pasarela. El anejo también establece medidas correctoras generales que permitan el restablecimiento de las condiciones iniciales o la disminución de efectos adversos hasta niveles tolerables y compatibles con los usos del entorno y con su carácter paisajístico y ecológico.

15. Seguridad y salud

En el "*Anejo VIII: Estudio de seguridad y salud*" el proyecto incorpora el estudio de seguridad y salud necesario para llevar a cabo una correcta ejecución de las obras contempladas y cumplir con la legislación vigente. En este estudio se especifican y describen las medidas de seguridad y salud que deben tomarse en la realización de las obras, con carácter general y particular.

El presupuesto de seguridad y salud, de 8.655,12 €, se añade al presupuesto general del proyecto como partida alzada de cobro íntegro a tal efecto.

16. Procedimiento constructivo

La construcción de la pasarela Tensairity® se divide en 2 partes bien diferenciadas: trabajo en taller y trabajo a pie de obra.

La primera parte consiste en la fabricación de los tubos hinchables mediante el corte de los patrones y su posterior soldado, junto con la costura de las cintas de carga que forman el elemento de tracción. Una vez terminados se procede a su plegado para el posterior transporte a la obra. Paralelamente se deben fabricar los apoyos de acero de las vigas Tensairity®, así como el corte de las piezas de madera adaptándolas a las medidas que aparecen en el diseño y con los agujeros para la tornillería realizados.

La segunda fase ya en el emplazamiento de la pasarela consiste en el hincado de los pilotes, que se puede iniciar antes de estar los tubos listos, y la posterior construcción de la pasarela. En primer lugar se montan en un margen de la laguna las vigas Tensairity®, se hinchan y se posicionan sobre los pilotes. A continuación se construyen las estructuras de apoyo de madera mediante el posicionamiento de las vigas transversales, el tablero y las barandillas. En último lugar se termina la pasarela Tensairity® al igual que las estructuras de apoyo, con las vigas transversales, tablero y barandillas.

En el *“Anejo IX: Procedimiento constructivo”* se presentan en detalle cada una de las etapas necesarias en la construcción de la pasarela Tensairity®.

17. Control de calidad

El proyecto incorpora en el *“Anejo X: Control de calidad”* un Plan de control de calidad donde se indican las unidades objeto de control, así como las verificaciones y ensayos que se deben llevar a cabo.

Las acciones derivadas de la puesta en marcha y de presupuesto relacionadas con este Plan será responsabilidad del contratista, y deberá ser aprobado por el Ingeniero Director de Obra.

18. Justificación de precios

La justificación de precios de este proyecto se ha llevado a cabo mediante la base de datos de precios vigente del ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya) de enero de 2012.

Debido al carácter no habitual de este tipo de proyectos, la mayoría de precios no se especifican en esta base de datos. Es por ello que estos precios se han obtenido mediante consultas a distintas empresas y entidades para poder adoptar un valor de referencia válido a fecha actual (2012).

19. Resumen de presupuestos

Aplicando las mediciones efectuadas en el Cuadro de Precios, se obtiene un Presupuesto de Ejecución Material de 110.346,56 € (CIENTO DIEZ MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CENTIMOS).

El Presupuesto de Ejecución por Contrata se obtiene a partir del valor anterior añadiendo un 16,00% en concepto de Gastos Generales, según se fija en el Orden Ministerial de 28 de julio de 2011, y en un 6,00% en concepto de Beneficio Industrial; a la suma obtenida se le suma un 18,00% en concepto de Impuesto de Valor Añadido (IVA) resultando finalmente un total de 158.854,91 € (CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y UN CENTIMOS).

Dado que no hay coste alguno de reposición de servicios afectados, expropiaciones o medidas correctoras de impacto ambiental el Presupuesto para Conocimiento de la Administración coincide con el de Ejecución por Contrata, que es de 158.854,91 € (CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y UN CENTIMOS).

20. Declaración de obra completa

El presente proyecto de construcción hace referencia a una obra completa susceptible de ser entregada al servicio público una vez ejecutada, reuniendo todos los documentos y requisitos exigidos por la legislación vigente según el artículo 124 del Real Decreto Legislativo 2/2000 de 16 de junio, por el cual se aprueba el Texto

Refundido de la Ley 13/1995 de 18 de mayo, de Contratos de las Administraciones Públicas.

21. Plazo de ejecución de la obra

El plazo de ejecución de las obras del presente proyecto se fija en DOCE (12) DÍAS NATURALES.

Las obras se dividen en dos partes: trabajo en taller y trabajo a pie de obra. El trabajo en taller tiene una duración de casi 10 días, mientras que el trabajo en obra se ejecuta en prácticamente 5 días. La suma total es de 12 días puesto que existen tareas que se pueden realizar en paralelo.

Se ha realizado una planificación de la obra con cariz indicativo, representado mediante un diagrama de Gantt el cual se muestra en el *“Anejo XI: Plazo de ejecución de la obra”*.

22. Plazo de garantía

El plazo de garantía es de SEIS (6) MESES desde la firma de la recepción de las obras, durante el cual correrá a cargo del Adjudicatario la recepción de todos aquellos desperfectos que se presenten debido a defectos en las obras.

23. Clasificación del contratista

De acuerdo con los artículos 25, 26, 27, 28, 29, 36 y 133 del Reglamento General de Contratación del Estado (aprobado por Real Decreto 1098/2001 de 12 de octubre), a continuación se propone la clasificación que se ha de exigir a los Contratistas para presentarse a la puja de estas obras.

El grupo al que debe pertenecer el contratista es el *“Grupo B: Puentes, viaductos y grandes estructuras”*. Por otra parte, debido a la introducción de la novedosa tecnología Tensairity en la construcción de puentes, ninguno de los subgrupos existentes se adapta a este tipo de estructuras, con lo cual se debería considerar un posible subgrupo añadido que tenga en cuenta estructuras especiales de este u otro tipo.

En cuanto a la categoría del contratista, dado que la anualidad media de este contrato de obras se encuentra entre 120.000 y 360.000 €, ésta será la “Categoría c”.

24. Revisión de precios

En cumplimiento del Decreto 365/1970 de 19 de septiembre, complementado por el Real Decreto 2167/1981 de 20 de agosto y el artículo 103 del Real Decreto 2/2000 de 16 de junio de Contratos de las Administraciones Públicas (BOE 29/6/2000) y por tratarse de un contrato de obra en el que el plazo de ejecución no excede de doce (12) meses, éste no tiene revisión de precios.

25. Documentos que integran el proyecto

Documento nº 1: Memoria y Anejos

Memoria

Anejo I: Reportaje fotográfico

Anejo II: Estudio de alternativas

Anejo III: Cartografía y topografía

Anejo IV: Geología y geotecnia

Anejo V: Hidráulica e hidrología

Anejo VI: Bases de cálculo

Anejo VII: Medidas correctoras de impacto ambiental

Anejo VIII: Estudio de seguridad y salud

Anejo IX: Procedimiento Constructivo

Anejo X: Control de Calidad

Anejo XI: Plazo de ejecución de la obra

Documento nº 2: Planos

Documento nº 3: Pliego de Prescripciones Técnicas

Documento nº 4: Presupuesto

Mediciones

Cuadro de Precios nº 1

Cuadro de Precios nº 2

Presupuesto

Resumen del Presupuesto

Última Hoja

26. Conclusiones

Se considera que este proyecto puede servir como base para la realización de una pasarela peatonal en el PMT-UPC de Castelldefels dentro del campo de la obra civil. Consta de todos los documentos necesarios de forma clara y concisa.

Se estima que se ha cumplido el objetivo con el que se plantea el Trabajo de Final de Carrera de los estudios de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, y ha estado tutelado eficientemente por el tutor asignado.

Barcelona, Junio 2012

Autor del Proyecto: Carles Estruch Tena

Titulación: Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

ANEJO I:

Reportaje fotográfico

ÍNDICE

1. Situación de las pasarelas a proyectar	2
2. Reportaje fotográfico	3

1. Situación de las pasarelas a proyectar

El PMT-UPC se emplaza contiguo a los suelos residenciales de Castelldefels en el vacío urbano generado por sus dos núcleos de población.

Limita, por el norte, con el Plan parcial Camí Ral, la carretera C-245 y la línea de Renfe; por el este con las zonas de equipamientos, zonas verdes y de aparcamiento del Plan parcial Camí Ral, el camino de la Barona y el Canal Olímpico de Piragüismo de aguas tranquilas; por el sur, por medio del paseo del Pitort, con el núcleo urbano de Castelldefels, y por el oeste mediante la calle de Barcelona, la zona residencial del núcleo urbano de Castelldefels y el polígono 5 del Plan Parcial residencial Can Bou. En la Figura 1 se muestra una ortofoto con los límites marcados del PMT-UPC.



Figura 1: Situación del PMT-UPC de Castelldefels

En el planeamiento del PMT-UPC consta la urbanización de tres accesos que no están todavía construidos. Por un lado está la construcción de un vial longitudinal que cruza el campus paralelo al ya existente y que conecta con la Rambla de Marisol. Por el otro, están previstos dos accesos más perpendiculares a estos viales anteriores y que conectan con el paseo del Pitort, y son continuación de las calles de la Dàlia (Pasarela 2) y de la Ginesta (Pasarela 1) respectivamente. Son precisamente estos dos últimos accesos los que requieren de la construcción de unas pasarelas peatonales para cruzar la laguna de laminación del PMT-UPC, y es donde se centra este proyecto (ver Figura 2).



Figura 2: Ubicación de las pasarelas en el PMT-UPC de Castelldefels

2. Reportaje fotográfico

A continuación se muestran varias fotografías de la zona donde se pretenden proyectar las pasarelas en el recinto del PMT-UPC. Como se ha comentado en el apartado anterior, a la pasarela que conecta el campus con la calle de la Ginesta la denominaremos Pasarela 1, mientras que la que conecta con la calle de la Dàlia la llamaremos Pasarela 2.



Figura 3. Zona de ubicación de las dos pasarelas en la laguna de laminación del PMT-UPC



Figura 4. Ubicación pasarela 1. Vista desde los edificios del campus



Figura 5. Ubicación pasarela 1. Vista desde la laguna



Figura 6. Conexión extremo norte de la pasarela 1 con el campus



Figura 7. Vista desde el extremo norte de la pasarela 1



Figura 8. Vista desde el extremo sur de la pasarela 1



Figura 9. Conexión extremo sur de la pasarela 1 con la calle de la Ginesta



Figura 10. Camino hasta el extremo sur de la pasarela 1 desde la calle de la Ginesta



Figura 11. Conexión extremo norte de la pasarela 2 con el campus. Vista hacia el campus



Figura 12. Conexión extremo norte de la pasarela 2 con el campus. Vista hacia la laguna



Figura 13. Vista desde el extremo norte de la pasarela 2



Figura 14. Vista desde el extremo sur de la pasarela 2



Figura 15. Conexión extremo sur de la pasarela 2 con la calle de la Dàlia

**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO II:
Estudio de alternativas**

ÍNDICE

1. Estudio de alternativas	2
2. Descripción de las alternativas	2
2.1. Alternativa 1: Pasarela idéntica a las existentes	2
2.2. Alternativa 2: Pasarela de PRFV	3
2.3. Alternativa 3: Pasarela Tensairity®	4
3. Análisis multicriterio	5
4. Conclusiones: justificación de la solución adoptada	7

1. Estudio de alternativas

Para la definición de la pasarela objeto del presente proyecto se han tenido en cuenta una serie de condicionantes. Uno de ellos hace referencia al proyecto de urbanización del PMT-UPC existente, donde está definida la traza prevista de las dos pasarelas pendientes de construcción, con lo cual es un parámetro que hay que respetar y sobre el cual no es necesario un estudio de alternativas. Así, la posición y altura de los extremos de las pasarelas ya están determinados por unos caminos de tierra que bordean la laguna.

Por lo tanto el presente estudio se centrará en un análisis de alternativas sobre la tipología estructural óptima a adoptar, así como la selección de distintas opciones de materiales a utilizar.

La actuación está claramente condicionada por el entorno que la rodea ya que se trata de una zona de interés medioambiental, lo que implica que es necesario integrar la actuación perfectamente en el paisaje y hay que tener en cuenta las medidas ambientales necesarias. Asimismo, la situación de las pasarelas en un Parque Tecnológico conlleva implícito un cierto carácter tecnológico de las estructuras a proyectar. Es por este motivo que estos dos aspectos deberán tener una gran importancia en cuanto a la valoración de las distintas alternativas.

2. Descripción de las alternativas

A continuación se presenta una breve descripción de las distintas alternativas propuestas, para posteriormente compararlas mediante la realización de un análisis multicriterio adaptado a las necesidades particulares del PMT-UPC.

2.1. Alternativa 1: Pasarela idéntica a las existentes

Esta alternativa podría asemejarse en cierta medida a una “Alternativa 0”, puesto que la idea es la de construir una pasarela conservando la tipología estructural y estética de las que ya existen en el campus. No es una alternativa en la que no se lleva cabo ninguna actuación, pero sí que se mantendría lo ya proyectado en el campus.

Las pasarelas ya proyectadas para cruzar la laguna de laminación están compuestas por dos partes: la propia pasarela que cruza la laguna construida en hormigón armado y las estructuras de apoyo a ambos lados que conectan con los caminos de tierra en sus extremos, formadas por un terraplén en los márgenes de la laguna terminadas mediante muros de contención y unos pilotes para sostener la pasarela.

2.2. Alternativa 2: Pasarela de PRFV

La presente alternativa se basa en la utilización de nuevos materiales, concretamente el de Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio (PRFV). En la actualidad existen varias pasarelas construidas mediante el uso de estos materiales, como por ejemplo una pasarela peatonal sobre la línea de ferrocarril de alta velocidad en Lleida de Juan Sobrino, entre otras.

El diseño constaría de dos partes, por un lado el diseño de una pasarela que cruce la laguna, y por otra las estructuras de apoyo a ambos lados de ésta.

La pasarela estaría formada por la combinación de acero inoxidable con estos materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio en forma de cercha con tablero superior, lo cual garantiza una elevada resistencia, una enorme durabilidad, un reducido mantenimiento además de la interesante estética conseguida con los dos materiales de texturas y opacidades tan diferenciados.

Por lo que refiere a las estructuras de apoyo a ambos lados, se podrían realizar con el mismo diseño y materiales que la pasarela, dando una cierta continuidad y uniformidad al conjunto, permitiendo el apoyo de esta sobre los márgenes de la laguna hasta alcanzar los caminos que la bordean.

Los costes de construcción de este tipo de estructuras constituidas por perfiles de materiales compuestos y acero inoxidable son mayores que los tradicionales, pero su resistencia al agua, escarcha y a otros agentes atmosféricos en general, etc., minimiza considerablemente los costes de mantenimiento requeridos durante la vida útil de la estructura y su ligereza permite conseguir importantes ahorros en los costes de instalación y transporte, reduciendo el coste global del puente

(construcción y mantenimiento), el cual puede llegar a ser menor que el de un puente convencional.

2.3. Alternativa 3: Pasarela Tensairity®

Esta alternativa se presenta como una innovación tecnológica importante, puesto que la tecnología Tensairity® es muy novedosa y actualmente existen pocas estructuras construidas mediante el uso de sus principios.

La presente alternativa para la pasarela peatonal está compuesta por dos partes bien diferenciadas, una pasarela Tensairity® que cruza la laguna de laminación y dos estructuras de madera a modo de embarcaderos, una a cada lado de la pasarela y donde ésta se apoya.

La pasarela está formada dos vigas Tensairity® compuestas cada una de ellas por un tubo hinchable de PVC en cuya parte superior se apoya una viga de madera a modo de elemento de compresión y en su parte inferior una cinta de carga a modo de elemento de tracción. Sobre estas dos vigas se sustenta la superestructura de la pasarela formada por vigas transversales de madera sobre las que se apoya el tablero y las barandillas, también de madera.

Las estructuras de apoyo se construyen también en madera, con una tipología estructural similar al de la pasarela y mediante el uso de pilotes que recuerda en cierta manera los embarcaderos presentes en los ríos, de forma que la estructura completa esté perfectamente integrada en el entorno.

A parte de la aportación tecnológica de esta alternativa, como se ha visto el uso de la madera en la mayor parte de la estructura le confiere un carácter de integración medioambiental importante, lo cual es un condicionante básico del presente proyecto.

Otra ventaja de una estructura de este tipo es su ligero peso, así como la rapidez de su montaje in-situ y la no necesidad de afectación de la zona por un largo periodo de tiempo para construirla.

3. Análisis multicriterio

Para la comparación de las distintas alternativas se ha empleado un análisis multicriterio basado en el método ACRIIP (Agrupación de CRiterios por Peso). Con este fin se han agrupado los distintos criterios necesarios para la toma de decisiones en grupos en función de su importancia: básicos, importantes y complementarios. Igualmente, dentro de cada grupo se le da un peso a cada indicador en función de su importancia relativa dentro de éste. A cada indicador se le asigna un valor de 1 a 5 según la valoración estimada por el ingeniero que elabora el proyecto.

En la página siguiente se presenta un cuadro con el estudio multicriterio de las alternativas presentadas anteriormente con la valoración de cada uno de los aspectos y la puntuación obtenida por cada una de ellas.

INDICADORES	PESOS	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		Valor indicador	Valor solución	Valor indicador	Valor solución	Valor indicador	Valor solución
BÁSICOS							
Carácter tecnológico	1	1	1	4	4	5	5
Integración ambiental	1	1	1	2	2	4	4
Coste total obra	0,8	5	4	2	1,6	2	1,6
<i>Total Suma Básicos</i>		6			7,6		10,6
<i>Total % Básicos</i>		25%			31%		44%
<i>Total % Básicos x3</i>		74			94		131
IMPORTANTES							
Impacto visual	0,7	2	1,4	3	2,1	4	2,8
Modernización zona	0,7	1	0,7	5	3,5	5	3,5
Duración obra	0,6	3	1,8	4	2,4	5	3
Afectación de la zona para construcción	0,5	3	1,5	3	1,5	4	2
<i>Total Suma Importantes</i>		5,4			9,5		11,3
<i>Total % Importantes</i>		21%			36%		43%
<i>Total % Importantes x2</i>		41			73		86
COMPLEMENTARIOS							
Ligereza	0,4	2	0,8	4	1,6	5	2
Durabilidad	0,4	4	1,6	4	1,6	2	0,8
Impacto turístico	0,3	1	0,3	4	1,2	5	1,5
<i>Total Suma Complementarios</i>		2,7			4,4		4,3
<i>Total % Complementarios</i>		24%			39%		38%
<i>Total % Complementarios x1,5</i>		36			58		57
Total Suma Indicadores		151			225		274
Total % Indicadores		23%			35%		42%

4. Conclusiones: justificación de la solución adoptada

Tal y como se observa en los resultados obtenidos mediante el análisis multicriterio de alternativas, la alternativa 3 es la óptima debido a la importancia de los factores medioambientales y tecnológicos como referencia en la urbanización del PMT-UPC. Por ello el presente proyecto se centra en la construcción de una pasarela peatonal ligera diseñada mediante la novedosa tecnología neumática Tensairity®.

**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO III:
Cartografía y topografía**

ÍNDICE

1. Obtención de datos.....	2
----------------------------	---

1. Obtención de datos

Para la elaboración de este proyecto se ha consultado la cartografía y topografía existente del Institut Cartogràfic de Catalunya para la zona de estudio del PMT-UPC:

- Ortofotomapa 1:2500. Hoja: "285-131"
- Mapa topográfico 1:5000. Hoja: "285-131"

Además se dispone de un levantamiento topográfico de la zona en formato DWG extraído del proyecto "*Modificació puntual del pla especial del PMT*" de noviembre de 2006, facilitado por "*RQP Arquitectura*".

Igualmente, en un futuro, antes de la construcción de la pasarela será necesaria la realización de un levantamiento topográfico preciso de la zona donde se va a ubicar.

En el "Documento número 2: Planos" se adjunta la cartografía y topografía.

**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO IV:
Geología y geotecnia**

ÍNDICE

1. Obtención de datos	2
2. Resultados del estudio: aplicación al presente proyecto	2
3. Estudio geológico y geotécnico	2

DOCUMENTOS ANEXOS:

- Estudi geotècnic recinte universitari al terme municipal de Castelldefels

1. Obtención de datos

Gracias al proyecto de urbanización del PMT-UPC "*Projecte d'urbanització per a l'establiment d'un recinte universitari a Castelldefels*" facilitado por el "*Institut Català del Sòl (INCASÒL)*" se ha obtenido el estudio geotécnico de la zona del cual se han extraído las características necesarias para el cálculo de los cimientos de la estructura.

Igualmente, en un futuro, antes de la construcción de la pasarela será necesaria la realización de un nuevo estudio geotécnico en el punto exacto donde se va a ubicar para comprobar que las hipótesis sobre la resistencia del terreno han sido adecuadas.

2. Resultados del estudio: aplicación al presente proyecto

De los resultados obtenidos en el estudio se concluye que la cimentación superficial no es aconsejable y se debe optar por una cimentación profunda mediante pilotes. Éstos deben estar apoyados a partir de una longitud de 7 metros desde la boca del sondeo más el empotramiento de 8 diámetros.

La resistencia del terreno a la penetración por la punta de un pilote es de 2400 KN/m^2 , mientras que la resistencia del terreno a la penetración es de 20 KN/m^2 , puesto que en la zona del presente proyecto se prevé encontrar arenas finas.

3. Estudio geológico y geotécnico

A continuación se adjunta el estudio geológico y geotécnico extraído del proyecto de urbanización del PMT-UPC "*Projecte d'urbanització per a l'establiment d'un recinte universitari a Castelldefels*" facilitado por el "*Institut Català del Sòl (INCASÒL)*", del cual se han extraído las características necesarias para el cálculo de los cimientos de la estructura.



Sondes y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

15

DOCUMENT: 8010

DATA: JUNY 1998

FULLS: 9

ESTUDI GEOTÈCNIC
RECINTE UNIVERSITARI
AL TERME MUNICIPAL DE
CASTELLDEFELS

PETICIONARI: INSTITUT CATALÀ DEL SÒL.

OBRA: RECINTE UNIVERSITARI. CASTELLDEFELS. EXP.NÚM.0905.02



1. INTRODUCCIÓ

Per encàrrec de la Sra. Carmina Alonso de l'Institut Català del SÒL, i sota la supervisió del Sr. J.M. Estradera s'han realitzat els següents treballs:

- 10 sondeigs, a rotació amb bateria i testimoni continu
 - Excavació de dues cates
 - 3 assaigs amb el penetrometre dinàmic tipus Borros,
- per al projecte constructiu de la IV universitat de la UPC, recinte universitari de Castelldefels, província de Barcelona.

En aquesta zona, SONDEOS Y ANCLAJES SCCL ja ha realitzat, anteriorment, dues fases de sondeigs i els estudis geotècnics corresponents. La primera al desembre de 1994 i la segona al maig de 1997, ambdues per l'INCASÒL. Al plànol de situació es mostra l'ubicació de tots els sondeigs realitzats, diferenciant les tres fases.

2. OBJECTIUS

Tenint en compte el tipus de projecte i la situació geològica de l'àrea, els objectius concrets de l'estudi són els següents:

1. Definir el perfil litològic del subsòl.
2. Coneixer els paràmetres geotècnics d'identificació, resistència i deformabilitat de les capes travessades (angles de fregament, cohesió...)
3. Determinació de la cota del nivell freàtic.
4. Definir el tipus de fonamentació a realitzar.
5. Identificació de l'esplanada.
6. Determinar paràmetres per al càlcul d'empentes de terres.



3. TREBALLS REALITZATS

Durant els dies del 6 al 20 de maig de 1998, s'han efectuat els següents treballs:

3.1. SONDEIGS A ROTACIÓ AMB BATERIA I TESTIMONI CONTINU

Perforació de deu sondeigs a rotació amb obtenció de mostra continua (veure fotografies). Els sondeigs s'han realitzat al terme municipal de Castelldefels al solar delimitat pel camí Pi-Tort i l'Avda. Barona.

S'han executat amb sondes ROLATEC RL-800 y WIRTH B-0 ambdues montades sobre erugues, utilitzant bateries de 101 i 86 mm de diàmetre. Els testimonis obtinguts han estat descrits per un geòleg, restant dipositats en caixes de fusta que es conservaran fins una setmana després d'entregat l'informe. La localització dels sondeigs es mostra al plànol de situació.

La fondària dels sondeigs realitzats ha estat la següent (cota 0.00 m.l. referida a sostre de sondeig):

S-1:	6.00 m.l.	S-6:	10.00 m.l.
S-2:	20.00 m.l.	S-7:	20.00 m.l.
S-3:	20.00 m.l.	S-8:	5.00 m.l.
S-4:	10.00 m.l.	S-9:	10.00 m.l.
S-5:	5.00 m.l.	S-10:	20.00 m.l.

S'han efectuat 40 assaigs SPT, que consisteixen a clavar al fons del sondeig un aparell normalitzat. Aquest aparell s'hinca mitjançant una maça de 63.5 Kg. de pes, caient des de una alçada de 76.3 cm. L'hinca es realitza en quatre trams, de 15 cm. cadascú, contabilitzant-se el nombre de cops necessaris per la penetració. Es denomina valor N a la suma del segon i tercer golpeig. Així mateix, s'han recollit 9 mostres inalterades als nivells de sols, utilitzant un aparell de paret gruixuda amb una beina interior de PVC. Aquest aparell s'hinca al terreny amb el mateix sistema descrit anteriorment.

Al costat dels sondeigs S-5 i S-8 s'han realitzat cates superficials (0.00-0.80 m.) manuals per recollir mostra per realitzar assaigs d'índex C.B.R. i caracteritzar els vials.

Les columnes litològiques dels sondeigs es troben incloses a l'annex d'aquesta memòria.





3.2. ASSAIGS AMB EL PENETRÒMETRE DINÀMIC TIPUS BORROS

S'han executat 3 assaigs amb el penetròmetre dinàmic al costat dels sondeigs S-1 i S-2. Els assaigs s'han realitzat amb un aparell de la marca ROLATEC. L'assaig consisteix en l'hinca d'un tren de barnillatge de 32 mm. de diàmetre, amb puntal perdut de secció quadrada de 16 cm. mitjançant una calçada lliure d'una maça de 63,5 Kg. de pes des d'una alçada de 50 cm. Es contabilitza el N° de cops per cada 20 cm. de penetració i el resultat es presenta segons diagrames N°cops/Profunditat. Mitjançant aquesta tècnica no s'extreu testimoni del terreny, així que com assaig únic no es coneix la naturalesa dels materials travessats, però en aquest cas es pot correlacionar el golpeig amb els materials de la columna litològica.

Si un assaig dona valors de rebot 120 cops/20 cm., això no indica necessàriament l'existència d'un nivell continu de roca, sino que pot correspondre a l'existència puntual de "bolos", reblliment antròpic, etc... per això es recomana l'execució d'uns quants assaigs per poder correlacionar, posteriorment, els resultats obtinguts. Als 3 assaigs realitzats els valors de rebot es corresponen a una unitat composta per sorres grolleres i graves.

La localització dels assaigs de penetració dinàmica es troba al plànol de situació. A l'annex es poden observar les dades obtingudes a cadascú dels assaigs, així com les diagrames corresponents als mateixos.

4. MARC GEOLOGIC

El solar es troba situat a la unitat morfològica denominada Delta del Llobregat.

Aquesta unitat està formada per materials sedimentaris detrítics quaternaris. En esquema, el delta apareix format per dos nivells de sediments detrítics, separats per una intercalació de tipus llim-argilós, que es tascona capa a la vall i als costats.

Al nivell detrític superior, predominen les sorres. A l'inferior es presenten dos nivells netament diferenciats: un sorrenc, i de poc espesor, que es recolza sobre un altre format per graves, d'espessor variable.

5.- LITOLOGIA I CARACTERÍSTIQUES GEOTÈCNiques

En funció de les característiques litològiques i geotècniques dels materials perforats s'han definit quatre UNITATS al subsòl:

A) REBLIMENT. Aquesta unitat es troba constituïda, principalment, per sorres molt fines de color marró i restes vegetals. També apareixen llims i en algun sondeig restes antròpics (toxos, plàstic...). Aquests materials oscil·len entre 0,20-1,60 m.l. d'espessor.

B) SORRES MOLT FINES amb matriu llimosa i trams de sorres llimoses d'ordre mètric, de color marró o gris, generalment, encara que en algun nivell poden presentar tonalitats ocres o verdoses. Són materials no plàstics.

Aquesta unitat apareix sota el reblliment, a partir de 1,60 m. en el cas de major fondària. Sorres que contenen gran quantitat de miques bioïtes i presenten predomini de quars. També engloben fragments bioelàstics (bivalves), les grises principalment. La proporció de matriu es variable però rarament arriben a ésser sorres soltes.

Els valors de N SPT són tots ells >10, però hem de diferenciar dos sectors d'execució de sondeigs per una millor caracterització d'aquests materials.

B.1. Sector sondeigs 1-4

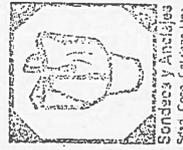
Els valors de N SPT de les sorres d'aquest sector oscil·len entre 16 i majors de 50. És important fer constància de que gairebé tots els valors són majors de 30.

B.2. Sector sondeigs 5-10

En aquest sector els valors de N SPT de les sorres és menor que al sector 1-4. S'obtenen valors de N SPT des de 7 a 45, però majoritàriament inferiors a 20.

De l'assaig de tall directe d'una de les mostres inalterades d'aquesta unitat s'han obtingut els següents valors:

àngle de fregament: 35°
cohesió: 0.17 Kp/cm²
densitat aparent (saturada): 1.86 gr/cm³
densitat submergida: 1.1 gr/cm³





C) **SORRES GROLLERES AMB GRAVES** arrodonides de quars i calcàries amb matriu limosa. Presenten nivells centimètrics cimentats i fragments de bivalves. Aquesta unitat apareix a cota -3.50 m. als sondeigs S-1 i S-2, fins als 9,00 m.l. Els valors de N SPT d'aquests materials són de rebot, als assaigs amb el penetrometre dinàmic els materials d'aquesta unitat presenten valors de N Borros de rebot, més de 200 cops.

Als sondeigs S-3 i S-4 aquesta unitat no es presenta, ha sofert un canvi lateral de fàcies i apareix com sorres de granulometria fina-mitja amb graves disperses de quars i calcàries que tenen valors de N SPT de 38 a 58.

D) **ARGILES roges-marrons.** Aquestes argiles d'aspecte molt plàstic apareixen només al sondeig S-4 dels 6.0 als 7.0 metres.

6.- HIDROLOGIA SUBTERRÀNIA

Durant l'execució dels sondeigs s'ha detectat la presència del nivell freàtic a tots ells. S'ha instal·lat tuberia piezomètrica a tres d'ells sondeigs (S-4/S-6/S-9) per poder fer el seguiment de l'oscil·lació del nivell freàtic a diferents períodes estacionals, si és considerés oportú per al projecte constructiu.

U-4: -1,40 m.

U-6: -1,15 m.

U-9: -1,20 m.

Aquestes cotes es troben referides a sostre de sondeig.

7.- ASSAIGS DE LABORATORI

Per a la caracterització geotècnica dels materials perforats s'han portat les següents mostres al laboratori homologat INTEMAC on s'han realitzat els assaigs de sòls adequats al tipus de litologia existent.

SONDEIG	MOSTRA	COTA	PRÓCTOR	CBR	GRANUL.	M.ORGÀNICA	LATTERB.	CORTE D.
U-2	M.I	2,0-2,6			X			X
U-5	CATA 1	0,0-0,8	X	X	X	X	X	X
U-8	CATA 2	0,0-0,7	X	X	X	X	X	X
U-10	M.I	1,0-1,6						XI



8.- CONCLUSIONS

8.1.- RECOMANACIONS ENVERS LA FORMACIÓ D'ESPLANADES

En aquest apartat es definirà la categoria de l'esplanada que es pot aconseguir amb els materials existents atenent, per una banda, a les característiques descriptives d'aquests materials especificades en les columnes dels sondeigs i de les cates excavades i en els resultats dels assaigs de laboratori tals com granulomètrics, límits d'Atterberg, etc. i per l'altra, a la capacitat portant que es pot deduir dels assaigs SPT realitzats in situ i dels assaigs CBR i de tall directe realitzats al laboratori.

Els tipus d'esplanada es classifiquen en E-1, E-2 i E-3 d'acord amb la vigent Instrucció de Carreteres.

S'han efectuat dues cates en la zona d'implantació del llac en la que s'ha d'excavar, a fi d'estudiar el possible aprofitament del material d'excavació en la configuració de terraplens per a la formació d'esplanades. Si bé la descripció del material és pràcticament la mateixa en les dues cates, les seves característiques mecàniques lleugerament diferents permeten definir dos tipus de material.

8.1.1.- Zona de la Cata 1, (Soneig U-5).

S'ha extret material situat entre la cota zero i 0,80 metres de profunditat

Els resultats del CBR realitzat sobre aquest material indica que es tracta d'un material amb una capacitat portant considerable que permetria, degudament compactat, formar una esplanada de la categoria superior, ja que al 95% del Pròctor modificat el CBR és igual a 21,30 ; però degut al contingut de matèria orgànica no es pot considerar com un material seleccionat sinó com a màxim, material adequat.

Per altra banda, per poder considerar el material com adequat, la densitat màxima obtinguda en l'assaig Proctor Modificat hauria d'ésser igual o superior a 1,75 T/m³ i en aquest cas el resultat obtingut és 1,74 T/m³. De tota manera, en base a l'elevada capacitat portant i a la poca diferència entre el valor obtingut i l'exigible, es recomana considerar aquest material com adequat.





Sondeos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

DOCUMENT: 8010 DATA: JUNY 1988 FULL: 8 DE 10



Sondeos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

DOCUMENT: 8010 DATA: JUNY 1988 FULL: 7 DE 10

Per tant aquest material és vàlid per a la formació del cos o nucli dels terraplens i pel coronament dels mateixos per obtenir una esplanada del tipus E-1, sempre que el seu gruix sigui de 50 cm com a mínim, i la seva compactació assecuri un CBR superior a 5, de tota manera és millor exigir una compactació mínima del 95% del P.M.

8.1.2.- Zona de la Cata 2, (Sondeig U-8).

S'ha extret material situat entre la cota zero i 0,70 metres de profunditat

Al igual que en la zona de la cata 1, el resultat del CBR realitzat sobre el material indica que es tracta d'un material amb una capacitat portant considerable que permetria, degudament compactat, considerar una esplanada de la categoria superior, ja que el 95% del Pròctor Modificat el CBR = 20, però degut al contingut de matèria orgànica no es pot considerar com un material seleccionat sinó com a màxim, material adequat.

Però en aquest cas, a més, la densitat màxima obtinguda en l'assaig Proctor Modificat és 1,67 T/m³, clarament inferior al valor necessari per poder considerar el material com adequat i per tant, es recomana considerar el material com tolerable i en conseqüència no vàlid per la formació d'esplanades o del coronament dels terraplens, si no únicament per formar el seu nucli.

Els diferents tipus d'esplanades sobre els terraplens, es formaran amb els següents gruixos i materials de coronament:

Per a una esplanada del tipus E-1 : 50 cm de material adequat.

Per a una esplanada del tipus E-2 : 50 cm de material seleccionat.

Per a una esplanada del tipus E-3 : 50 cm de material seleccionat amb CBR superior a 20.

EXCAVACIONS DE RASES :

Tant per a la implantació del clavegueram com de la resta dels serveis enterrats i per a la construcció i excavació dels llacs, s'haurà de tenir en compte la presència del nivell freàtic i les empentes i subpressions a que dona lloc.



8.2.- RECOMANACIONS ENVERS LA FONAMENTACIÓ DE LES OBRES DE FABRICA

Per a la fonamentació de les obres de fàbrica es consideren per a cada punt de recolzament les dues possibilitats de fonamentació superficial en la capa de sorres una vegada retirat el reblliment i la capa de llims allà on sigui necessari, i fonamentació profunda.

En alguns punts com els corresponents als sondeigs 1 i 2 el fet d'apareixer a la profunditat de 3,50-4,00 metres una capa de sorres amb una capacitat portant molt superior a les sorres fines superiors pot convidar a la construcció d'una fonamentació de tipus semiprofund, és a dir una fonamentació amb comportament de tipus superficial recolzada a 4 metres de profunditat, però la presència del nivell freàtic no fa aconsellable aquest tipus de solució per les dificultats constructives.

Les càrregues admissibles de la fonamentació superficial que figuren a continuació asseguren assentaments no superiors a 2,50 cm i un coeficient de seguretat respecte al trencament del terreny superior a 3.

L'efecte de la saturació de les sorres fa baixar considerablement la càrrega admissible per limitació d'assentaments respecte a la que es produiria en sorres no saturades, especialment en els casos en que la relació profunditat-amplada de sabata és petita. També fa no aconsellable aquest tipus de fonamentació per valors de N inferiors a 5 (Sorres molt sueltes), o inclús per valors inferiors a 15 segons alguns autors.

Es recomana doncs, el tipus de fonamentació profunda, pilot tipus CPI-4, encara que a la zona es realitzen habitualment pilots CPI-8 per rapidesa i economia. En el cas d'optar per una fonamentació superficial, que la relació profunditat del pla de recolzament-amplada de sabata sigui com a mínim 1.

Els valors de la resistència del terreny a la penetració per la punta i pel fust de d'un pilot que figuren a continuació, estan afectats del coeficient de seguretat 3 al trencament del terreny.

En el cas de fonamentació profunda, es poden construir elements de pantalla en lloc de pilots, amb la qual cosa els valors de la resistència del terreny a la penetració per la punta s'han de dividir per 1,30.

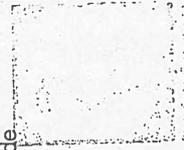
ZONA DELS SONDEIGS 1 i 2

Els resultats es complementen amb els dels tres pentròmetres dinàmics.

Fonamentació superficial. A partir d' 1,60 m respecte a la cota de sondeig.

Càrrega admissible zona U-1 : 1,00 kp/cm²

Càrrega admissible zona U-2 : 2,00 kp/cm²





Sondes y Anclajes

Sdaad. Coop. Catalana Lda.

DOCUMENT: 8010 DATA: JUNY 1998 FULL: 10 DE 10

DOCUMENT: 8010 DATA: JUNY 1998 FULL: 9 DE 10

Sondes y Anclajes

Sdaad. Coop. Catalana Lda.

Fonamentació profunda :

Resistència del terreny a la penetració per la punta d'un pilot : 40 Kp/cm²

Recolzament : A partir de 4 metres des de la boca de sondeig, més l'empotrament de 8 diàmetres

ZONA DELS SONDEIGS 3 i 4

Fonamentació superficial

Càrrega admissible : 1,50 kp/cm²

Fonamentació profunda :

Resistència del terreny a la penetració per la punta d'un pilot : 40 Kp/cm²

Recolzament : A partir de 7 metres des de la boca de sondeig, una vegada superada la capa d'argiles que apareix en el sondeig 4, més l'empotrament de 8 diàmetres

ZONA DELS SONDEIGS 6 i 7

Fonamentació superficial

Càrrega admissible : 1,00 kp/cm²

Fonamentació profunda :

Resistència del terreny a la penetració per la punta d'un pilot : 24 Kp/cm²

Recolzament : A partir de 7 metres des de la boca de sondeig, més l'empotrament de 8 diàmetres

ZONA DEL SONDEIG 9

Fonamentació superficial

Càrrega admissible : 1,5 kp/cm²



Sondes y Anclajes

Sdaad. Coop. Catalana Lda.

DOCUMENT: 8010 DATA: JUNY 1998 FULL: 10 DE 10

Fonamentació profunda :

Resistència del terreny a la penetració per la punta d'un pilot : 24 Kp/cm²

Recolzament : A partir de 7 metres des de la boca de sondeig, més l'empotrament de 8 diàmetres

ZONA DEL SONDEIG 10

Fonamentació superficial : no aconsellable

Fonamentació profunda :

Resistència del terreny a la penetració per la punta d'un pilot : 24 Kp/cm²

Recolzament : A partir de 7 metres des de la boca de sondeig, més l'empotrament de 8 diàmetres

La resistència del terreny a la penetració pel fuste es pot considerar en tots els casos .

$R_r = 0,20 \text{ kp/cm}^2$ per les sorres fines

$R_r = 0,35 \text{ kp/cm}^2$ per les sorres amb graves.

Sondes y Anclajes SCCL, resta a disposició del client per aclarir qualsevol dubte respecte al present informe.

Natividad Fidalgo

Natividad Fidalgo Gonzalo
Gebleg col.núm: 3191

Ramon Lluís i Rosell

Ramon Lluís i Rosell
Enginyer de camins

Pedro Valero Tamayo

Pedro Valero Tamayo
Gebleg col.num: 3192





Sondeos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.

21

DOCUMENT: 8010 ANNEX

DATA: JUNY 1998

FULLS: 1

PLÀNOL DE SITUACIÓ



PETICIONARI: INSTITUT CATALÀ DEL SÒL

OBRA: IV UNIVERSITAT-CASTELLDEFELS. FASE III

Sup. sector 382.576,36 m²
 Sup. prop. de l'I.C.S. dins sector 243.000,00 m²
 Sup. exprop. neg. dins sector 0,00 m²
 Sup. sòl de titularitat pública 64.826,38 m²

- Llegenda**
- Límit del sector
 - - - Límit de finca
 - Límit de municipi
 - Ⓢ Número de polígon
 - ▭ Comparença
 - ▨ Propietats de l'I.C.S.
 - ▧ Finca alliberada
 - ▩ Sòl públic
 - ▤ Expropiacions negatives
 - ▦ Servitud

- SONDEIGS 1994
- ⊕ 1997
- ⊕ 1998

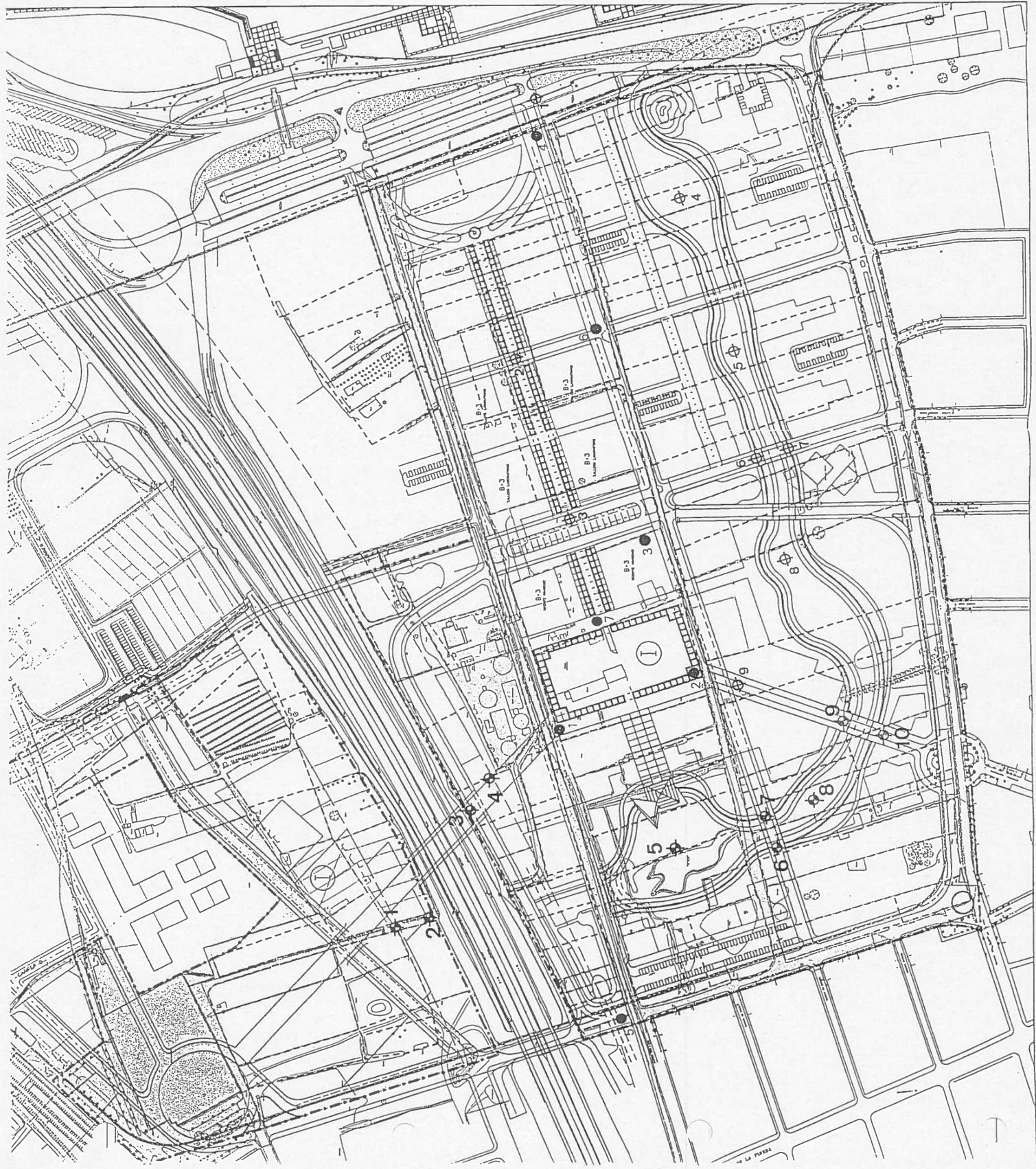
Actuació Quarta Universitat
 Codi 305

Municipi CASTELLDEFELS

Títol del Plànol
**SÒL ADQUIRIT SOBRE PLÀNOL
 D'ORDENACIÓ**

1 / 3.000 0 30 60 90 120

Data març 1997





DOCUMENT: 8010 ANNEX DATA: JUNY 1998 FULLS: 10

Obra:	RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELDEFELS.	Nº de sondeo:	U-1
Client:	INCASOL	Escala sondeo:	1:100
Perforadora:	WIRTH B-0	Geòlego:	N.FIDALGO
Coordenades:		Profunditat del sondeo:	6
Metodo de perforación:	ROTACIÓ/BATERIA	Fecha de finalización:	20/05/98

Profundidad	Estratigráfica	Descripción	Muestras	N.S.P.T.
1				
0.60				
1.00				
2				
3				
3.00				
3.50				
4				
5				
6				
6.00				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

REBLIMENT Restes de terreny vegetal, sorres, llims, gravetes i fragments de plàstic.
 Llims sorrenca de color marró fosc amb sorres grolleres.
 Sorres molt fines de color ocre verdós amb matiu llimosa.

Sorres molt fines de color gris amb matiu llimosa i fragments de bivalves.
 Sorres grolleres amb gravets arrodonides de quars i calcàries amb matiu llimosa.
 Nivell centimètric cimentals i fragments de bivalves.

2.40
SPT
3.00
N=57.9-10
3.00

4.30
SPT
4.35
N=39
4.35

COLUMNES LITOLÒGIQUES

PETICIONARI: INSTITUT CATALÀ DEL SÒL
 BRA: IV UNIVERSITAT-CASTELDEFELS. FASE III



Sdad. Coop. Catalana Ltda.

Obra: RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELLEDFFELS. N° de sondeo: U-2
 Cliente: INCASOL Escala sondeo: 1:100
 Perforadora: RL-800 Geòlego: N.FIDALGO
 Coordenadas: Profundidad del sondeo: 20
 Metodo de perforación: ROTACIÓN/BATERIA Fecha de finalización: 12/05/98

Profundidad	Escala 1:100	Estrografia	Descripción	Muestras	N.S.P.T.	Nivel freático
1			REBLIMENT. Sorres, llims, graves de quars i calcàries, i fragments mm. de tolo.			1.40
2	1.40		Sorres molt fines de color marró clar amb matiu llimosa.	2.00 INALTERADA1 SPT1 3.20	2.00 6-12-16-18 2.60 N=10-12-14-15 3.20	
4	4.00		Sorres grolleres amb graves arrodonides de quars i calcàries amb matiu llimosa. Nivell centimètrics cimentats i fragments de bivalves.	4.00 INALTERADA2 4.20	4.00 18-20-28-26 4.60 N=14-16-25-31 5.20	
6				5.50 SPT2 5.78	5.50 N=40-50R 5.78	
9	9.00		Sorres molt fines de color marró clar amb matiu llimosa.	9.00 SPT3 9.60	9.00 N=23-26-39-34 9.60	
12				12.00 SPT4 12.60	12.00 N=14-18-21-29 12.60	
14	13.90		Sorres molt fines de color gris amb matiu llimosa i restes de bivalves.	15.00 SPT5 15.60	15.00 N=13-25-31-31 15.60	
18				18.00 SPT6 18.60	18.00 N=15-17-20-31 18.60	
20	20.00					

Obra: RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELLEDFFELS. N° de sondeo: U-3
 Cliente: INCASOL Escala sondeo: 1:100
 Perforadora: RL-800 Geòlego: N.FIDALGO
 Coordenadas: Profundidad del sondeo: 20
 Metodo de perforación: ROTACIÓN/BATERIA Fecha de finalización: 08/05/98

Profundidad	Escala 1:100	Estrografia	Descripción	Muestras	N.S.P.T.	Nivel freático
1	0.60		REBLIMENT. Terreny vegetal i sorres molt fines de color marró amb algunes graves i al final "bols" de calcàries.			1.30
2			Sorres molt fines de color marró clar amb escasa matiu llimosa.	2.00 INALTERADA1 2.60 SPT1 3.00	2.00 6-12-16-18 2.60 N=10-12-14-15 3.20	
4				4.00 INALTERADA2 4.60 SPT2 5.20	4.00 18-20-28-26 4.60 N=14-16-25-31 5.20	
6	6.00		Sorres de granulometria fina a mitja, de color marró clar amb abundant quars i escasa matiu llim-argilosa.	8.00 SPT3 8.60	8.00 N=13-20-29-35 8.60	
11				11.00 SPT4 11.60	11.00 N=9-16-38-32 11.60	
14	14.00		Sorres molt fines de color gris marronós amb matiu llimosa i algunes graves i quars i graves molt disperses de quars i calcàries.	14.00 SPT5 14.60	14.00 N=17-18-25-34 14.60	
17				17.00 SPT6 17.60	17.00 N=20-22-29 17.60	
19	18.60		Al·lremança de sorres molt fines amb matiu llimosa i llims sorrenes gitsos marrenosos.	19.00 SPT7 19.60	19.00 N=14-20-28-37 19.60	
20	20.00					



Sondos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

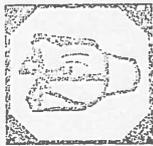


Sondos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

Obra:	RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELDEFELS.	Nº de sondeo:	U-4
Cliente:	INCASÒL	Escala sondeo:	1:100
Perforadora:	RI-800	Geòlogo:	N.FIDALGO
Coordenadas:		Profundidad del sondeo:	10
Metodo de perforación:	ROTACION/BATERIA	Fecha de finalización:	11/05/98

Escala 1:100	Profundidad	Estratigrafia	Descripción	Muestras	N.S.P.T.	Piezometro
1	0.10		FORMIGÓ.			
2	0.50		REBLIMENT Restes de terreny vegetal i sorres molt fines de color marró. Sorres molt fines de color marró ocre amb escassa matiu limmosa.			1.40
3	3.00		Sorres molt fines de color marró grisós amb escassa matiu limmosa.	3.00 INALTERADA1	3.00	
4				3.24 SPT1	3.24	
5				Nº4-9-1-11 3.84	3.84	
6	6.00		Argiles roges-marrons molt plàstiques i toves.	6.00 SPT2	6.00	
7	7.00		Sorres de granulometria fina a mitja, de color marró clar amb abundant quars i escassa matiu lim-argilosa. Presenten graves de quars i calcines disperses.	Nº4-12-15 6.60	6.60	
8						
9				9.00 SPT3	9.00	
10	10.00			Nº22-31-33 9.60	9.60	
11						
12						
13						
14						
15						
16						



Sondos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.

Obra:	RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELDEFELS.	Nº de sondeo:	U-5
Cliente:	INCASÒL	Escala sondeo:	1:100
Perforadora:	RI-800	Geòlogo:	N.FIDALGO
Coordenadas:		Profundidad del sondeo:	5
Metodo de perforación:	ROTACION/BATERIA	Fecha de finalización:	13/05/98

Escala 1:100	Profundidad	Estratigrafia	Descripción	Muestras	N.S.P.T.	Nivel freático
1	1.00		Llims sorrenes de color marró fosc amb sorres grolleres.	1.00 SPT1	1.00	
2			Sorres molt fines de color marró clar amb matiu limmosa.	1.60	1.60	
3				3.00 SPT2	3.00	
4				Nº12-14-15-22 3.60	3.60	
5	5.00					
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

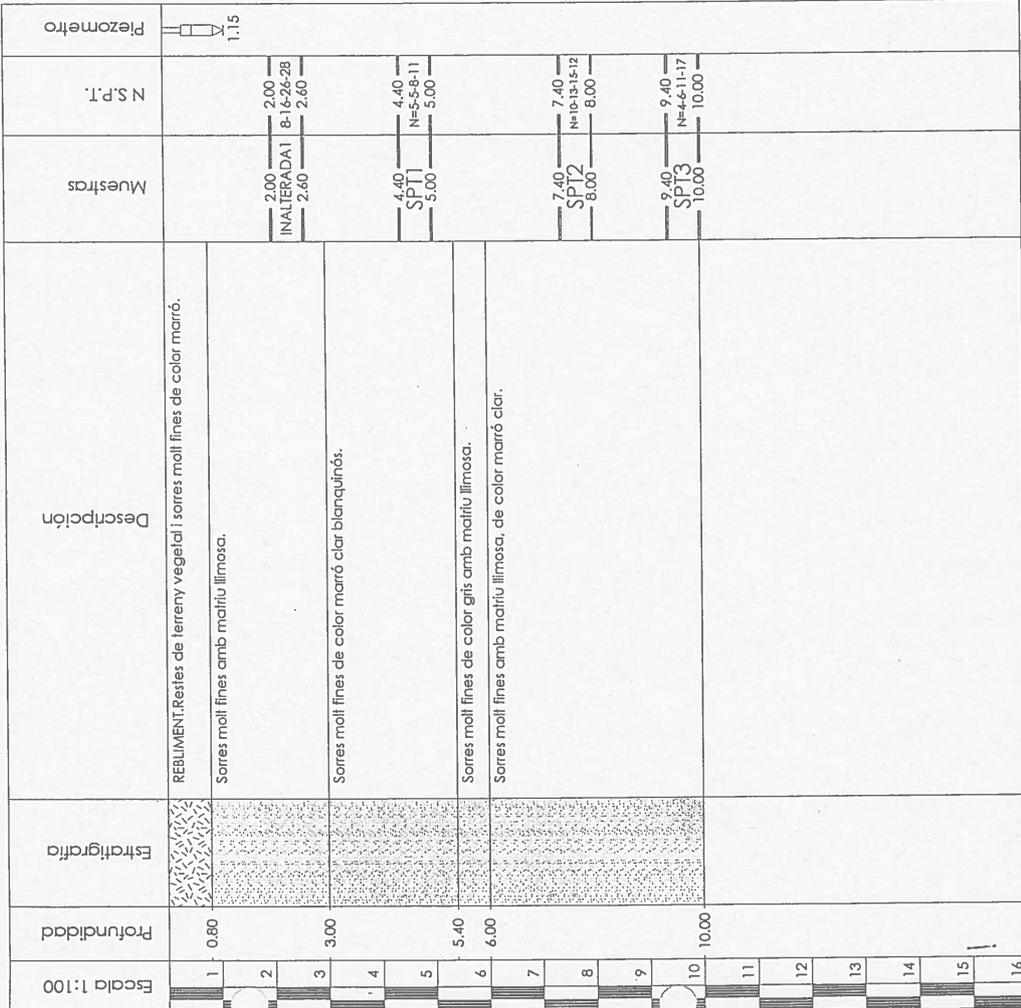
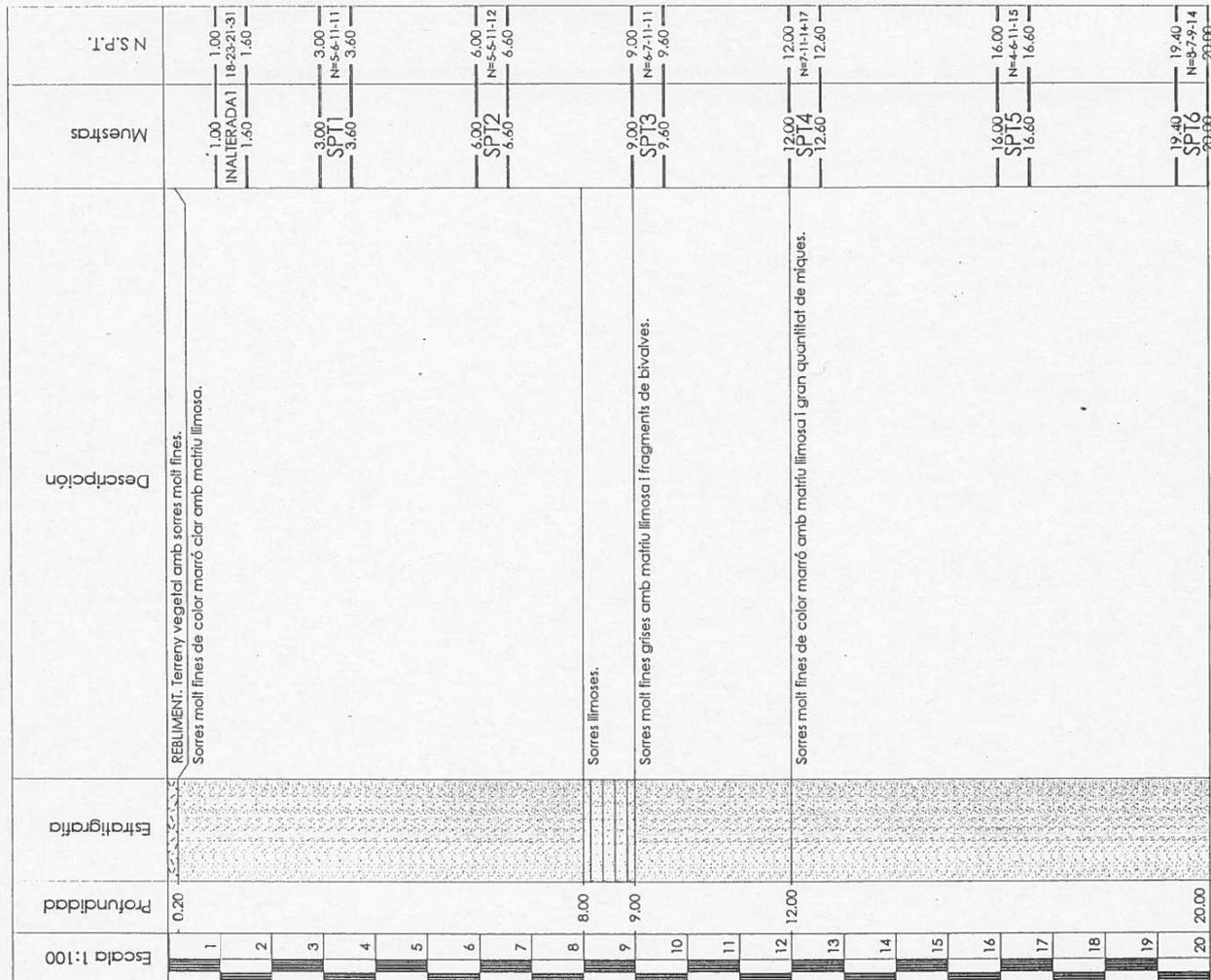


Sondes y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

Obra: RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELLDEFELS. Nº de sondeo: U-7
 Cliente: INCASÒL Escala sondeo: 1:100
 Perforadora: WIRTH B-0 Geòloga: N.FIDALGO
 Coordenadas: Profundidad del sondeo: 20
 Metodo de perforación: ROTACIÓN/BATERIA Fecha de finalización: 14/05/98

Obra: RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELLDEFELS. Nº de sondeo: U-6
 Cliente: INCASÒL Escala sondeo: 1:100
 Perforadora: WIRTH B-0 Geòloga: N.FIDALGO
 Coordenadas: Profundidad del sondeo: 10
 Metodo de perforación: ROTACIÓN/BATERIA Fecha de finalización: 14/05/98





Sondeos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sondeos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

Obra:	RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELLDEFELS.	Nº de sondeo:	U-8
Cliente:	INCASÒL	Escala sondeo:	1:100
Perforadora:	WIRTH B-0	Geólogo:	N.FIDALGO
Coordenadas:		Profundidad del sondeo:	5
Metodo de perforación:	ROTACIÓN/BATERIA	Fecha de finalización:	20/05/98

Escala 1:100	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Muestras	N.S.P.T.
1	1,00		REBLIMENT. Sorres molt fines amb restes vegetals i llms sorrencs.		
2			Sorres molt fines de color marró clar blanquinós amb matiu llmosa.		
3				3,00 SPT1 N=10-13-15	3,00
4				3,60	3,60
5	5,00			4,40 SPT2 N=4-5-10	4,40
6				5,00	5,00
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					

Obra:	RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELLDEFELS.	Nº de sondeo:	U-9
Cliente:	INCASÒL	Escala sondeo:	1:100
Perforadora:	WIRTH B-0	Geólogo:	N.FIDALGO
Coordenadas:		Profundidad del sondeo:	10
Metodo de perforación:	ROTACIÓN/BATERIA	Fecha de finalización:	19/05/98

Escala 1:100	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Muestras	N.S.P.T.	Piezometro
1	0,40		REBLIMENT. Terreny vegetal amb sorres molt fines.			
2			Sorres molt fines de color marró clar amb matiu llmosa.			
3					1,40	
4					1,40	
5					2,00	
6					3,40 SPT1 N=7-10-15	
7	6,40				3,40	
8					4,00	
9					6,40 SPT2 N=6-7-8-21	
10	10,00				7,00	
11					9,40	
12					9,40	
13					10,00	
14					10,00	
15					10,00	
16					1,20	



Obra: RECINTE IV UNIVERSITAT-CASTELLEDFELS. N° de sondeo: U-10
 Escala sondeo: 1:100
 Cliente: INCASOL Geòlogo: N.FIDALGO
 Perforadora: WIRTH B-0 Profundidad del sondeo: 20
 Coordenadas: Fecha de finalización: 14/05/98
 Metodo de perforación: ROTACIÓN/BATERIA

Profundidad	Estratigrafia	Descripción	Muestras	N.S.P.I.
0.30		REBLIMENT. Terreny vegetal amb terra vermella. Sorres molt fines amb matiu llimosa marró.		
1			1.00 INALTERADA	1.00 4-5-7-16
2			1.60	1.60
2.00		Sorres molt fines de color marró clar amb matiu llimosa.		
3				
4			3.40 SPT1	3.40 N=3-3-4-5
4.40		Sorres molt fines de color gris bastant solles.	4.00	4.00
5				
6				
5.80		Sorres molt fines marrons amb matiu llimosa.		
7				
8			7.40 SPT2	7.40 N=7-9-10-11
9			8.00	8.00
10				
11			11.00 SPT3	11.00 N=6-8-1-18
12		Sorres molt fines grises amb matiu llimosa i algunes graves de 2-3 cm. de quars i calcàries.	11.60	11.60
13				
14			13.40 SPT4	13.40 N=10-11-14-16
15			14.00	14.00
16		Sorres llimoses i sorres molt fines de color marró amb matiu llimosa.		
17			16.40 SPT5	16.40 N=11-12-14-15
18			17.00	17.00
19				
20			19.40 SPT6	19.40 N=14-21-24-18
20.00			20.00	20.00



DOCUMENT: 8010 ANNEX

DATA: JUNY 1998

FULLS: 3

DATOS PENETRÓMETRO DINÁMICO

P1/U1

PROF.CM	NºGOLPES	PROF.CM	NºGOLPES	PROF.CM	NºGOLPES
20	45	520		1020	
40	70	540		1040	
60	31	560		1060	
80	15	580		1080	
100	12	600		1100	
120	10	620		1120	
140	11	640		1140	
160	14	660		1160	
180	14	680		1180	
200	14	700		1200	
220	14	720		1220	
240	14	740		1240	
260	14	760		1260	
280	15	780		1280	
300	16	800		1300	
320	17	820		1320	
340	23	840		1340	
360	114	860		1360	
380	130	880		1380	
400		900		1400	
420		920		1420	
440		940		1440	
460		960		1460	
480		980		1480	
500		1000		1500	

DADES PENETRÒMETRES DINÀMICS



OBRA: IV UNIVERSITAT-CASTELLEDIFELS
FECHA: 13/05/98

PETICIONARI: INSTITUT CATALÀ DEL SÒL

OBRA: IV UNIVERSITAT-CASTELLEDIFELS. FASE III



Sondes y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sondes y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.

DATOS PENETRÓMETRO DINÁMICO P1/U1bis

PROF.CM	NºGOLPES
20	64
40	84
60	27
80	21
100	16
120	16
140	15
160	18
180	16
200	14
220	18
240	20
260	20
280	20
300	18
320	18
340	28
360	129
380	130
400	
420	
440	
460	
480	
500	

PROF.CM	NºGOLPES
520	
540	
560	
580	
600	
620	
640	
660	
680	
700	
720	
740	
760	
780	
800	
820	
840	
860	
880	
900	
920	
940	
960	
980	
1000	

PROF.CM	NºGOLPES
1020	
1040	
1060	
1080	
1100	
1120	
1140	
1160	
1180	
1200	
1220	
1240	
1260	
1280	
1300	
1320	
1340	
1360	
1380	
1400	
1420	
1440	
1460	
1480	
1500	

PROF.CM	NºGOLPES
20	3
40	30
60	74
80	22
100	12
120	11
140	11
160	13
180	16
200	16
220	16
240	17
260	16
280	15
300	14
320	17
340	17
360	13
380	13
400	13
420	13
440	12
460	17
480	130
500	

PROF.CM	NºGOLPES
520	
540	
560	
580	
600	
620	
640	
660	
680	
700	
720	
740	
760	
780	
800	
820	
840	
860	
880	
900	
920	
940	
960	
980	
1000	

PROF.CM	NºGOLPES
1020	
1040	
1060	
1080	
1100	
1120	
1140	
1160	
1180	
1200	
1220	
1240	
1260	
1280	
1300	
1320	
1340	
1360	
1380	
1400	
1420	
1440	
1460	
1480	
1500	

OBRA: IV UNIVERSITAT-CASTELLEDIFELS

FECHA: 13/05/98

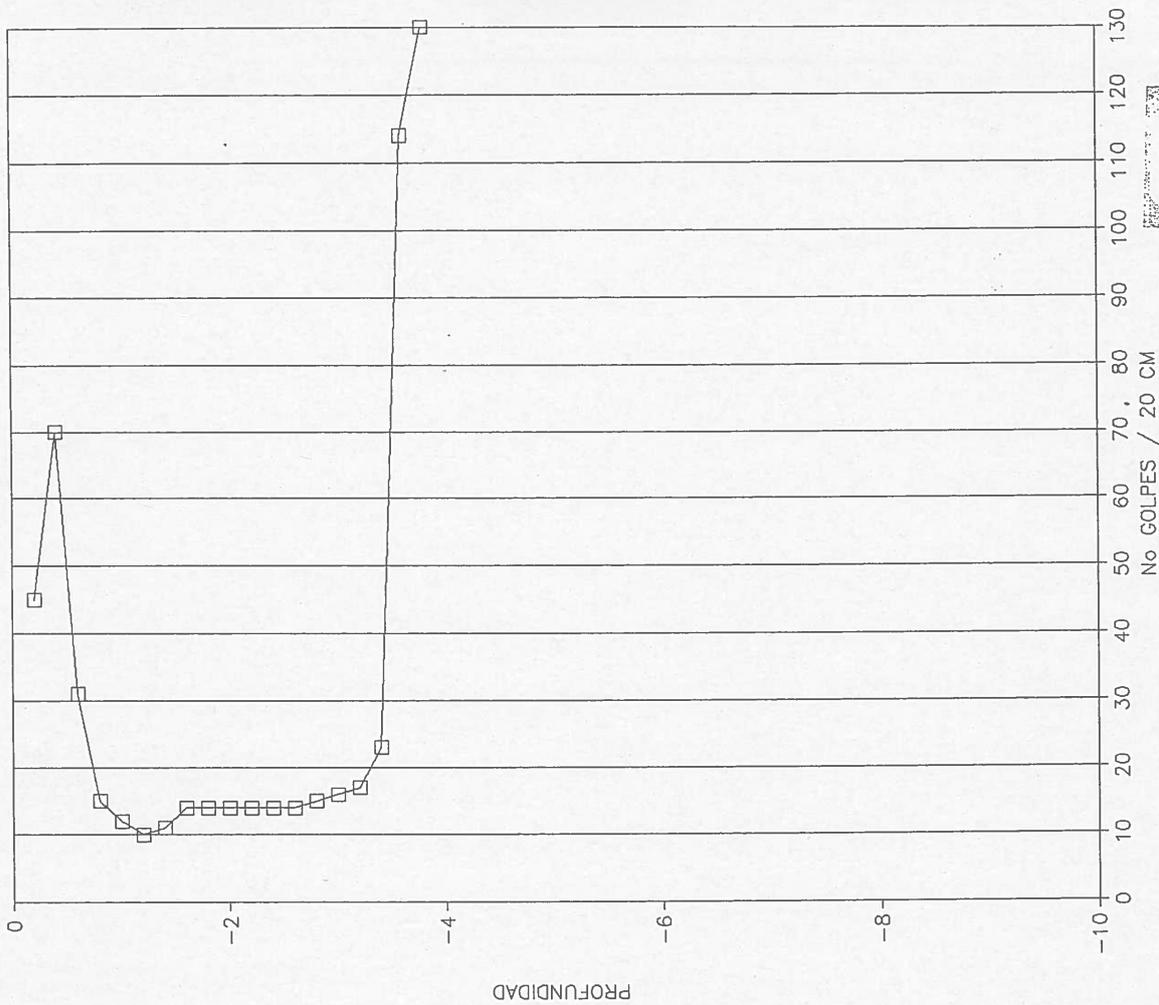
OBRA: IV UNIVERSITAT-CASTELLEDIFELS

FECHA: 14/05/98





IV UNIVERSITAT P-1



GRÀFICS PENETRÒMETRES DINÀMICS

PETICIONARI: INSTITUT CATALÀ DEL SÒL

OBRA: IV UNIVERSITAT-CASTELDEFELS. FASE III

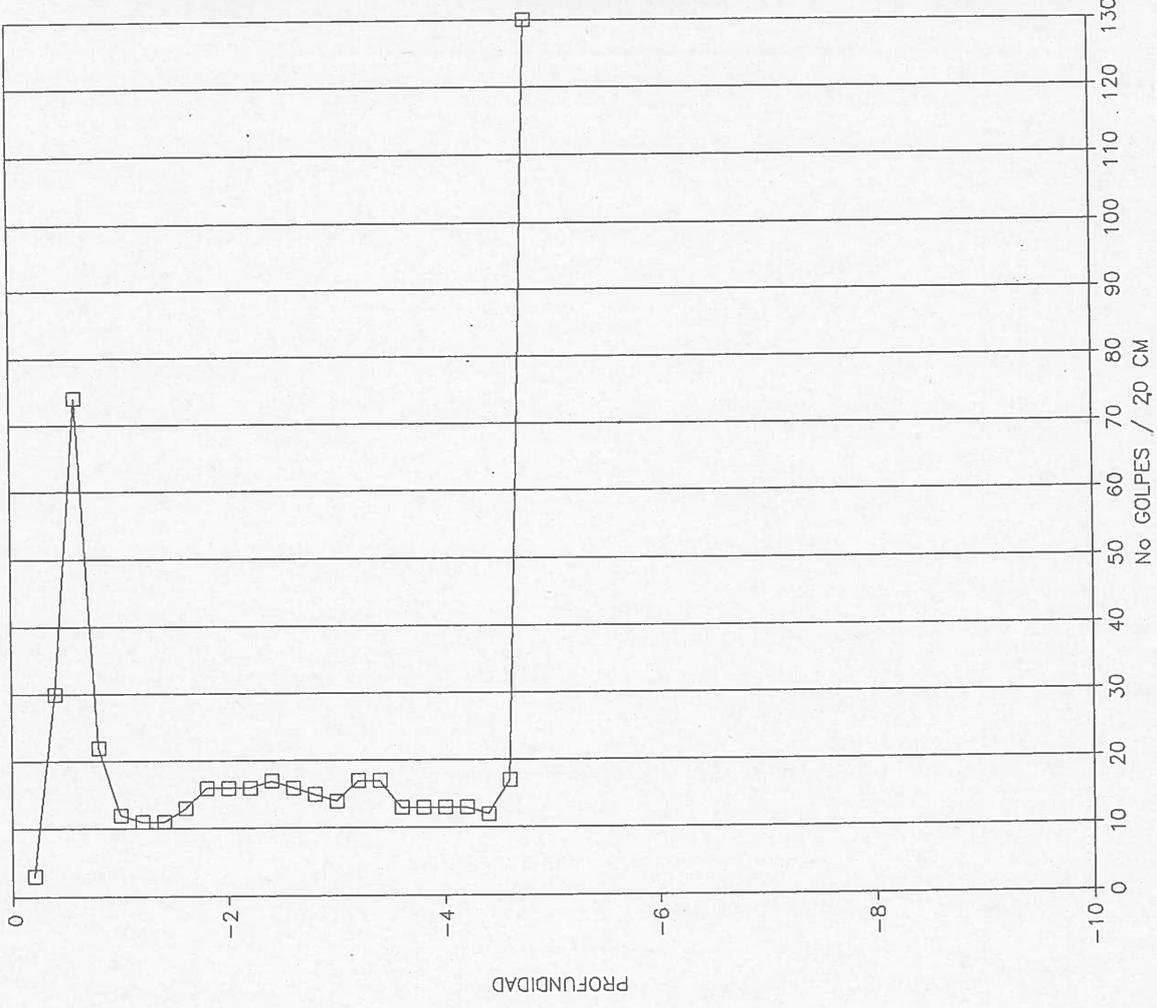
31





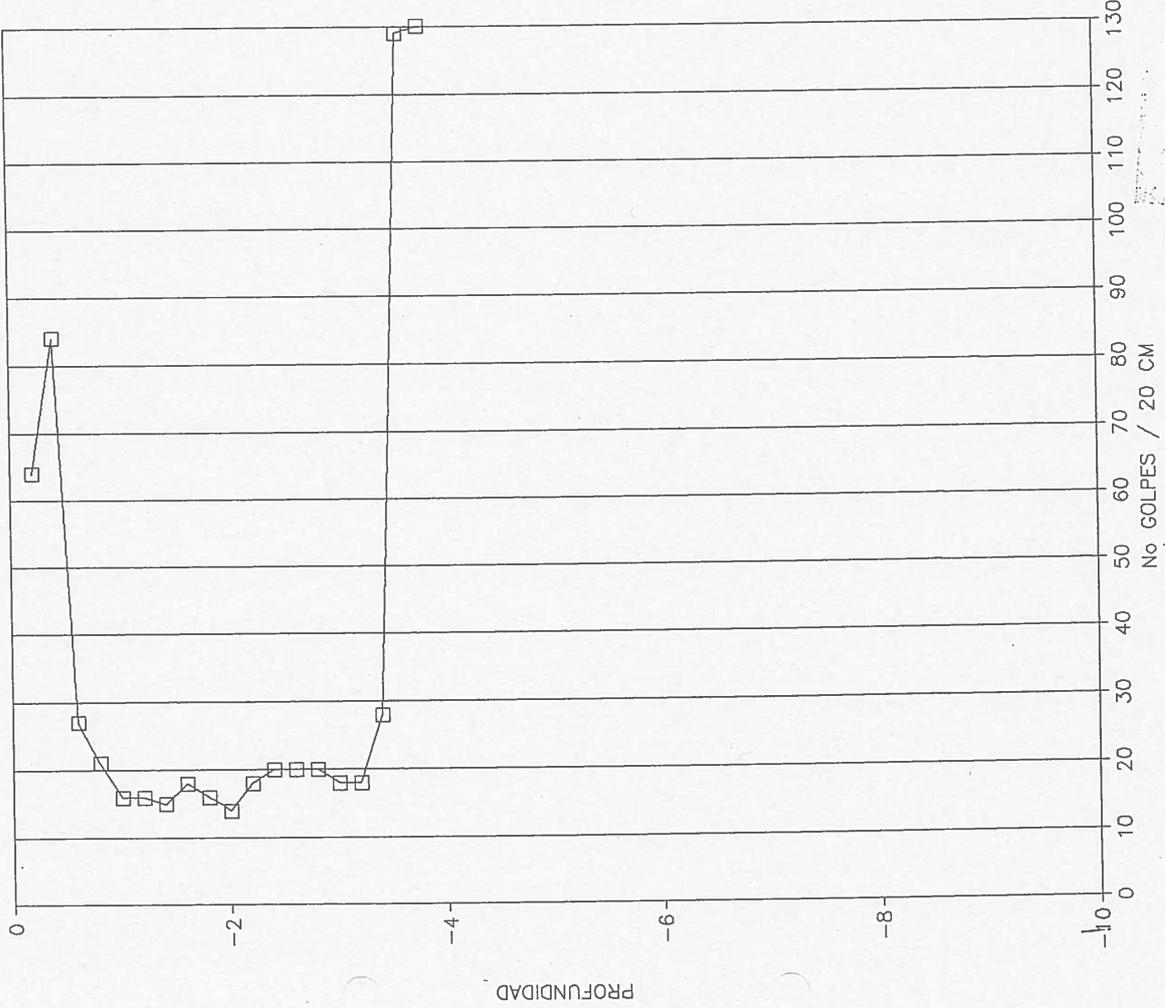
Sondos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.

IV UNIVERSITAT P-2



Sondos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.

IV UNIVERSITAT P-1bis





Sondes y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Lda.

DOCUMENT: 8010 ANNEX

DATA: JUNY 1998

FULLS: 14

ASSAIGS DE LABORATORI



PETICIONARI: INSTITUT CATALÀ DEL SÒL

BRA: IV UNIVERSITAT-CASTELDEFELS. FASE III



MTIR ET SCLAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

DOCUMENTO E/B-98119/L

FECHA 1.998-06-11

HOJA N. 1 DE 4

INFORME DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS
ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS SOBRE
CUATRO (4) MUESTRAS PROCEDENTES DE CATAS Y
SONDEOS REALIZADOS POR EL PETICIONARIO EN
LAS OBRAS DENOMINADAS 'IV UNIVERSIDAD EN
CASTELDEFELS'.

Peticionario: SONDEOS Y ANCLAJES, S.C.C.L.
C/. Courte, Nau 54. 08940 - CORNELLA



1. ANTECEDENTES.

Al servicio de recogida de muestras del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) le ha sido entregado en las oficinas del Peticionario cuatro (4) muestras procedentes de catas y sondeos realizados en las obras definidas como 'IV Universidad en Castelldefels', para que la Sección de Geotécnia, procediesen a realizar los ensayos que más adelante se especifican.

2. DESIGNACIÓN DE LAS MUESTRAS Y ENSAYOS A REALIZAR.

En el cuadro siguiente se presenta la relación de muestras facilitada por el Peticionario, su designación y los ensayos realizados sobre cada una de ellas.

SONDEO	MUESTRA	PROF.	C.R.R.	P. MODIF.	N. ORGÁN.	GRAN.	L. ATTER.	C. DIR.
SU-5	..	CATA 1	•	•	•	•	•	
SU-8	..	CATA 2	•	•	•	•	•	
SU-8	M.INALT	2,00-2-60				•		•
SU-10	M.INALT	1,00-1-60						•

donde:

C.B.R.: Ensayo de Índice C. B. R. según NLT 111.

P. MODIF.: Ensayo de determinación del Proctor Modificado, según NLT 108.

M. ORGAN.: Contenido en materia orgánica según NLT 159.

GRANULOM.: Análisis granulométrico, según normas UNE 7376 y NLT - 104.

L. ATTER.: Determinación de los límites de Atterberg, según NLT 127.

CORTE D.: Ensayo de Corte Directo, según ASTM D 3080.

3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.

Los resultados a que se refiere el presente informe tienen validez, únicamente, en relación con los muestras ensayadas. Dichos resultados se recogen en los documentos incluidos como Anejos.

4. LABORATORIO DE ENSAYO.

Los ensayos geotécnicos a que se refiere el presente informe han sido realizados por el Laboratorio de INTEMAC, situado en Avda. de la Riera nº 10 en el Polígono Industrial Suggest nº 1. de Sant Just Desverm



- 1. ANTECEDENTES.....3
- 2. DESIGNACIÓN DE LAS MUESTRAS Y ENSAYOS A REALIZAR.....3
- 3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....3
- 4. LABORATORIO DE ENSAYO.....3

ANEJO 1: ACTAS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS DE SUELO.

El laboratorio está acreditado por la Direcció General d'Arquitectura i Habitatge, según decreto 175/1990 de 17 de Abril, con los números de registro y ámbitos siguientes:

Nº DE REGISTRO	FECHA DE CONCESIÓN DE LA ACREDITACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE LA ACREDITACIÓN
06021HC/97R	13-Abr-92	Homigón en masa y sus materiales constituyentes: cemento, áridos y agua.
06022SE/97R	15-Abr-92	Mecánica del suelo: ensayos de laboratorio.
06088SV/96	2-Dic-96	Suelo, áridos, mezclas bituminosas y sus materiales constituyentes para todo tipo de viales.
06094CE/96	3-Dic-96	Cerámica.

Este informe consta de 4 páginas numeradas y selladas y de un Anejo.

Sant Just Desvern a 11 de Junio de 1.998.

EL TÉCNICO DE LA SECCIÓN DE ENSAYOS MECÁNICOS

Lluís ARANDA CABEZAS
Ingeniero T. C. Civiles e Hidrología

EL TÉCNICO DE LA SECCIÓN DE ENSAYOS QUÍMICOS

Jose Carlos MORGADO SÁNCHEZ
Licenciado en C. Químicas

EL SUBDIRECTOR DE INTEMAC - CATALUNYA

Eduard PENON MOLINS
Ingeniero de Caminos.





METRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

DOCUMENTO E/B-98119/L

FECHA 1.998-06-11

HOJA N. 1 DE 10 (A)



METRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO

ACTA DE IDENTIFICACION DE SUELOS

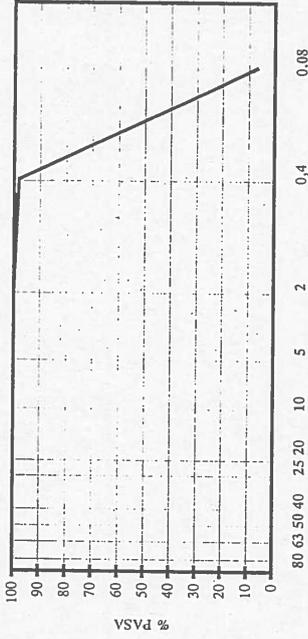
HOJANº 2 DE: 10 (A)
 REFERENCIA: E/B-98119/L
 Nº DE REGISTRO: 9800468
 FECHA DE ENTRADA 13-may-98

Revisado: Ll. Aranda

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, s/. UNE 127500 y NLT 152

80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
--	--	--	--	--	--	--	--	100	98	7

CURVA GRANULOMÉTRICA.



LÍMITE LÍQUIDO: -- LÍMITE PLÁSTICO: -- -- INDICE DE PLÁSTICIDAD: No Plástico

ENSAYO PRÓCTOR, según UNE 124500 y NLT 125

PRÓCTOR NORMAL PRÓCTOR MODIFICADO
 DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³) 1,74 HUMEDAD ÓPTIMA (%) 14,2

ÍNDICE C.B.R., según UNE y NLT 111-87

ÍNDICE C.B.R. (100 %): 38,7 ÍNDICE C.B.R. (95 %): 21,3
 ABSORCIÓN DE AGUA: 1,7 HINCHAMIENTO: 0

CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA, según NLT 159: 0,41%

OBSERVACIONES:



ACREDITAT PER LA D.G.A.H. EN FORMIGÓ EN MASSA I MATERIALS CONSTITUENTS (062021HC/97R), MECÀNICA DEL SÒL (060235E/97R), VIALS (060835V/96) I CERÀMIQUES (06094CE/96).
 LABORATORI: Aving. de la Riera, 10. 08960 SANT JUST DESVERN. Tel: (93) 372 83 00. Fax: (93) 473 03 09.

PETICIONARIO: SONDEOS Y ANCLAJES, S.C.L. C/ Coure, 54. 08940 - CORNELLA DE LL.

ANEJO I
 ACTAS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS
 SOBRE LAS MUESTRAS DE SUELO.

Miembro de AIC ASOCIACIÓN DE ORGANIZACIONES INDEPENDIENTES DE CONTROL DE CALIDAD. ABLI ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES. F.N.A.C., A.S.T.M., R.I.L.E.M.I.



INTEMAC

E/B-98119/L

1.998-06-11

4

10 (A)

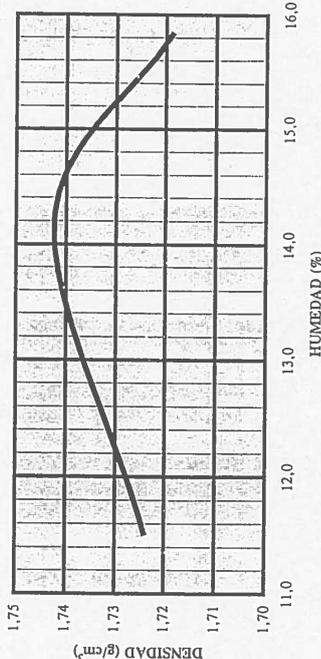
LABORATORIO	
ACTA DEL ENSAYO DE PRÓCTOR	
HOJA Nº 3	DE: 10 (A)
REFERENCIA: E/B-98119/L	
Nº DE REGISTRO: 9800468	
FECHA DE ENTRADA 13-may-98	
Operador: A. García	
Revisado: Li. Aranda	

ENSAYO PRÓCTOR, según UNE 124500 y NLT 125

PRÓCTOR NORMAL PRÓCTOR MODIFICADO

Equipo de ensayo	Compactadora SUZPECAR	
Volumen del molde (cm³)	2318	Nº de capas 5
Maza de compactación (Kg)	5	Nº de golpes por capa 60
Altura de caída (cm)	45,7	Material grueso no utilizado (%) --
Peso del material utilizado (kg)	5	Peso específico del material grueso no utilizado (g/cm³) --

CURVA PRÓCTOR



DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³) 1,74 HÚMEDAD ÓPTIMA (%) 14,2

OBSERVACIONES:



ACREDITAT PER LA D.G.A.H. EN FORMIGÓ EN MASSA I MATERIALS CONSTITUENTS (06003IHC09TR), MECÀNICA DEL SÒL (06021SE97R), VIALS (060853V96) I CERÀMIQUES (06094CE96).
LABORATORI: Avda. de la Riera, 10. 08960 SANT JUST DESVERN.Tel: (93) 372.83.00. Fax: (93) 433.03.09.

PETICIONARIO: SONDEOS Y ANCLAJES, S.C.L. Cf. Courre, 54. 08940 CORNELLA DE LL.

MUESTRA: CATA 1. SONDEO U5	FECHA DE TOMA: 13/05/98
MATERIAL: ARENA	FECHA DE ENSAYO: 25/05/98
PETICIONARIO: SONDEOS Y ANCLAJES, S.C.C.L.	
PROCEDENCIA: IV UNIVERSIDAD. CASTELLDEFELS	

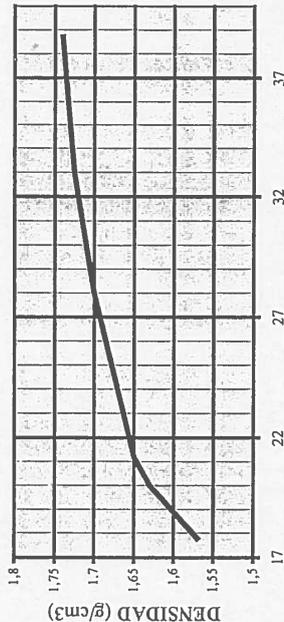
INDICE DE C.B.R. - N.L.T. 111

RESULTADOS PROCTOR

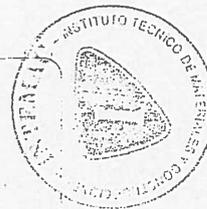
	NORMAL	MODIFICADO
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)		1,74
HUMEDAD ÓPTIMA (%)		14,2

MOLDE NUMERO	1	2	3
HUMEDAD	14,2	14,1	14,1
NUMERO DE CAPAS	5	5	5
GOLPES POR CAPA	12	30	72
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,57	1,63	1,74
HINCHAMIENTO (%)	0,0	0,0	0,0
AGUA ABSORBIDA (%)	6,1	5,0	1,7

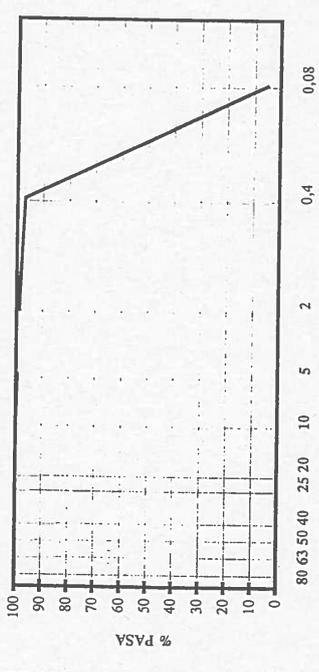
CURVA C.B.R.



ÍNDICE C.B.R.

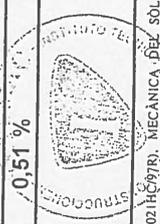


 INTEMA C <small>INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES</small>		LABORATORIO ACTA DE IDENTIFICACION DE SUELOS								
OBRA: IV UNIVERSIDAD. CASTELLEDREFELS DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Arena PROCEDENCIA: Cata 2. Sondeo U8. Operador: A. Garcia		HOJA Nº 5 DE: 10 (A) REFERENCIA: E/B-98119/L Nº DE REGISTRO: 9800520 FECHA DE ENTRADA 22-may-98 Revisado: Ll. Aranda								
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, s/. UNE 127500 y NLT 152										
80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
--	--	--	--	--	--	100	99,5	99	97	5

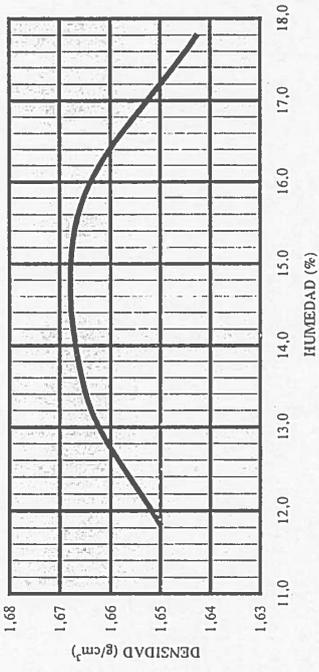
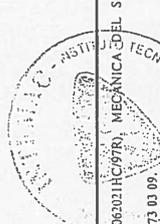


CURVA GRANULOMÉTRICA.

LÍMITE LÍQUIDO: -- LÍMITE PLÁSTICO: -- ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD: No Plástico	
ENSAYO PRÓCTOR, según UNE 124500 y NLT 125	
PRÓCTOR NORMAL <input type="checkbox"/>	PRÓCTOR MODIFICADO <input checked="" type="checkbox"/>
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³) 1,67	HUMEDAD ÓPTIMA (%) 15,0
ÍNDICE C.B.R., según UNE y NLT 111-87	
ÍNDICE C.B.R. (100 %): 25,1	ÍNDICE C.B.R. (95 %): 20
ABSORCIÓN DE AGUA: 1,3	HINCHAMIENTO: 0
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA, según NLT 159: 0,51 %	



ACREDITAT PER LA D.G.A.H. EN FORMIGÓ EN MASSA I MATERIALS CONSTITUENTS (062021HC/97R), MECÁNICA DEL SÒL (06023E/97R), VIALS (06088SV/96) I CERÀMIQUES (06094CE/96).
 LABORATORI: Avda. de la Riera, 10. 08960 SANT JUST DESVERN. Tel: (93) 372 83 00. Fax: (93) 473 03 09.
 PETICIONARIO: SONDEOS Y ANCLAJES, S.C.L. C/ Coure, 54. 08940 - CORNELLA DE LL.

 INTEMA C <small>INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES</small>		LABORATORIO ACTA DEL ENSAYO DE PRÓCTOR																					
OBRA: IV UNIVERSIDAD. CASTELLEDREFELS DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Arena PROCEDENCIA: Cata 2. Sondeo U8. Operador: A. Garcia		HOJA Nº 6 DE: 10 (A) REFERENCIA: E/B-98119/L Nº DE REGISTRO: 9800520 FECHA DE ENTRADA 22-may-98 Revisado: Ll. Aranda																					
ENSAYO PRÓCTOR, según UNE 124500 y NLT 125																							
PRÓCTOR NORMAL <input type="checkbox"/>		PRÓCTOR MODIFICADO <input checked="" type="checkbox"/>																					
<table border="1"> <tr> <td>Equipo de ensayo</td> <td colspan="3">Compactadora SUZPECAR</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde (cm³)</td> <td>2318</td> <td>Nº de capas</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Maza de compactación (Kg.)</td> <td>5</td> <td>Nº de golpes por capa</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Altura de caída (cm.)</td> <td>45,7</td> <td>Material grueso no utilizado (%)</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Peso del material utilizado (kg.)</td> <td>5</td> <td>Peso específico del material grueso no utilizado (g/cm³)</td> <td>--</td> </tr> </table>				Equipo de ensayo	Compactadora SUZPECAR			Volumen del molde (cm³)	2318	Nº de capas	5	Maza de compactación (Kg.)	5	Nº de golpes por capa	60	Altura de caída (cm.)	45,7	Material grueso no utilizado (%)	--	Peso del material utilizado (kg.)	5	Peso específico del material grueso no utilizado (g/cm³)	--
Equipo de ensayo	Compactadora SUZPECAR																						
Volumen del molde (cm³)	2318	Nº de capas	5																				
Maza de compactación (Kg.)	5	Nº de golpes por capa	60																				
Altura de caída (cm.)	45,7	Material grueso no utilizado (%)	--																				
Peso del material utilizado (kg.)	5	Peso específico del material grueso no utilizado (g/cm³)	--																				
<div style="text-align: center;">  <p>CURVA PRÓCTOR</p> </div>																							
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³) 1,67		HUMEDAD ÓPTIMA (%) 15,0																					
OBSERVACIONES:																							
<div style="text-align: center;">  </div> <p> Membre de l'AIC ASOCIACIÓN DE ORGANIZACIONES INDEPENDIENTES DE CONTROL DE CALIDAD. ABLI ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LABORATORIOS INDEPENDIENTES. E.N.A.C., A.S.T.M., </p>																							



METRE UT SCIAS

INTEMAC

E/B-98119/L

INTEMAC INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

1.998-06-11

7

10 (A)

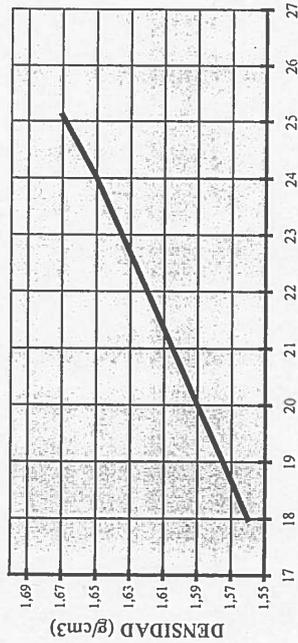
MUESTRA:	CATA 2. SONDEO U8	FECHA DE TOMA:	22/05/98
MATERIAL:	ARENA	FECHA DE ENSAYO:	8/06/98
PETICIONARIO:	SONDEOS Y ANCLAJES. S.C.C.L.		
PROCEDENCIA:	IV UNIVERSIDAD. CASTELLDEFELS		

INDICE DE C.B.R. - N.L.T. 111

RESULTADOS PROCTOR

	NORMAL	MODIFICADO
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)		1,67
HUMEDAD ÓPTIMA (%)		15,0
MOLDE NUMERO	1 2 3	
HUMEDAD	14,8 14,9 15	
NUMERO DE CAPAS	5 5 5	
GOLPES POR CAPA	12 30 72	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1,56 1,60 1,67	
HINCHAMIENTO (%)	0,0 0,0 0,0	
AGUA ABSORBIDA (%)	5,1 3,8 1,3	

CURVA C.B.R.



ÍNDICE C.B.R.

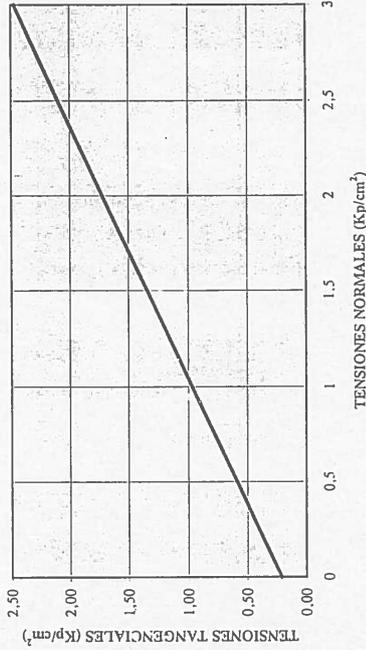


METRE UT SCIAS

INTEMAC INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO	
ACTA DE RESULTADOS DEL CORTE DIRECTO	
HOJA Nº	8 DE: 10 (A)
REFERENCIA:	E/B-98119/L
Nº DE REGISTRO:	9800016
FECHA DE ENTRADA	22-may-98
FECHA DE ENSAYO:	26-may-98
Operador:	A. García
Revisado:	Ll. Aranda
TIPO DE ENSAYO: CONSOLIDADO, SIN DRENAJE Y RÁPIDO VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN: 1mm/min	

PROBETA	DENSIDAD		HUMEDAD	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
1	1,51	1,51	21,7	21,7
2	1,48	1,48	22,0	22,0
3	1,51	1,51	21,7	21,7



Ángulo de rozamiento: 37 °

Cohesión: 0,21 Kp/cm².

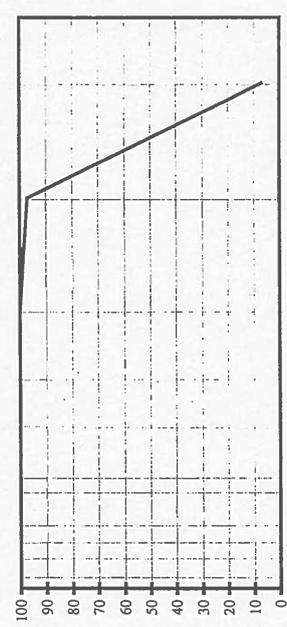


ACREDITAT PER LA D.G.A.H. EN FORMIGÓ EN MASSA I MATERIALS CONSTITUENTS (062021HC978), MECANICIS DEL SÒL (060235E97R), VIALS (060885V96) I CERÀMIQUES (06094CE96).
LABORATORI: Avda. de la Riera, 10. 08960 SANT JUST DESVERN. Tel: (93) 372 83 00. Fax: (93) 473 03 00.

PETICIONARIO: SONDEOS Y ANCLAJES. C/. Coure, 54. 08940 - CORNELLA

 ITEMAC INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES METRE UT SCIAS		LABORATORIO ACTA DE IDENTIFICACIÓN DE SUELOS		HOJA Nº	9	DE:	10 (A)			
				REFERENCIA:	E/B-98119/L					
OBRA:		IV UNIVERSIDAD. CASTELLDEFELS		Nº DE REGISTRO:	9800016					
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:		Arena fina		FECHA DE ENTRADA	13-may-98					
PROCEDENCIA:		Sondeo U2. (2,00 - 2,60)		Revisado:	Ll. Aranda					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, s/. UNE 127500 y NLT 152										
80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
--	--	--	--	--	--	--	--	100	97	7

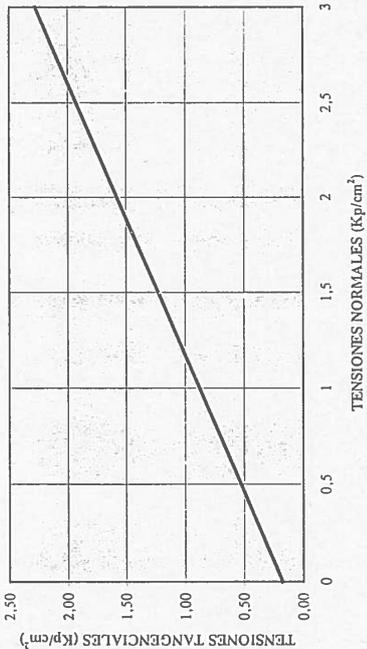
CURVA GRANULOMÉTRICA.



LÍMITE LÍQUIDO: --		LÍMITE PLÁSTICO: --		ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD: --	
LÍMITES DE ATTERBERG, según UNE 125700 y NLT 127					
ENSAYO PRÓCTOR NORMAL <input type="checkbox"/>		PRÓCTOR MODIFICADO <input type="checkbox"/>			
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³) --		HÚMEDAD ÓPTIMA (%) --			
ÍNDICE C.B.R., según UNE y NLT 111-87					
ÍNDICE C.B.R. (100 %) --		ÍNDICE C.B.R. (95 %) --			
ABSORCIÓN DE AGUA: --		HINCHAMIENTO: --			
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA, según NLT 159:					
OBSERVACIONES:					

 ITEMAC INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES METRE UT SCIAS		LABORATORIO ACTA DE RESULTADOS DEL CORTE DIRECTO		HOJA Nº	10	DE:	10 (A)
				REFERENCIA:	E/B-98119/L		
OBRA:		IV UNIVERSIDAD. CASTELLDEFELS		Nº DE REGISTRO:	9800016		
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:		Arena fina		FECHA DE ENTRADA	22-may-98		
SONDEO:		U-10		PROFUNDIDAD:	De 1,00 a 1,60		
Operador:		A. García		Revisado:	Ll. Aranda		
TIPO DE ENSAYO: CONSOLIDADO, SIN DRENAJE Y RÁPIDO VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN: 1mm/min							

PROBETA	DENSIDAD		HUMEDAD	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
1	1,51	1,51	21,7	21,7
2	1,53	1,53	21,3	21,3
3	1,53	1,53	21,3	21,3



Ángulo de rozamiento: 35 °
Cohesión: 0,17 Kp/cm²



ACREDITAT PER LA D.G.A.H. EN FORMIGÓ EN MASSA I MATERIALS CONSTITUENTS (06202LHC/97R), MECANIC DEL SÒL (06022SE/97R), VIALS (06088SV/96) I CERÀMIQUES (06094CE/96).
 LABORATORI: Avgda. de la Riera, 10. 08960 SANT JUST DESVERN. Tel: (93) 372 83 00. Fax: (93) 473 43 09.
 PETICIONARIO: SONDEOS Y ANCLAJES, S.C.L. C/ Coure, 54. 08940 - CORNELLA DE LL.



Sondeos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Lda.



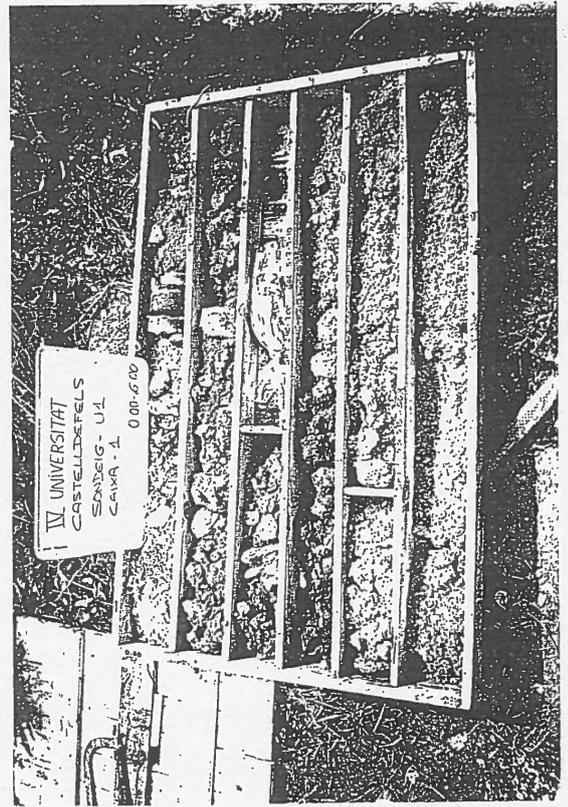
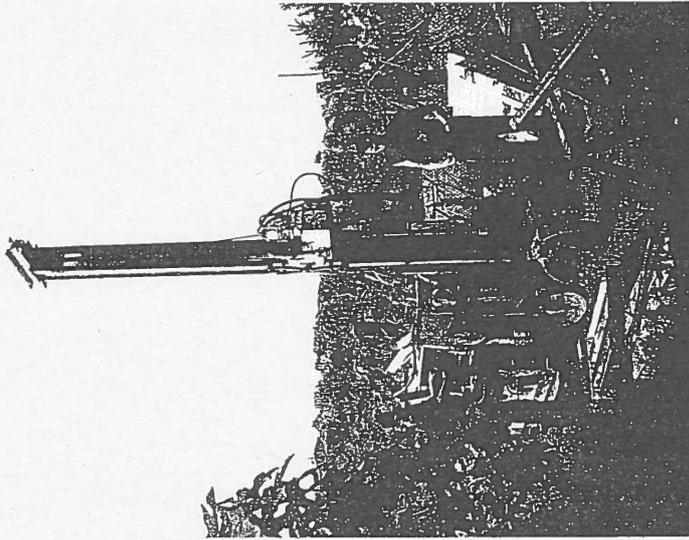
Sondeos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Lda.

DOCUMENT: 8010 ANNEX

DATA: JUNY 1998

FULLS: 13

FOTOGRAFIES



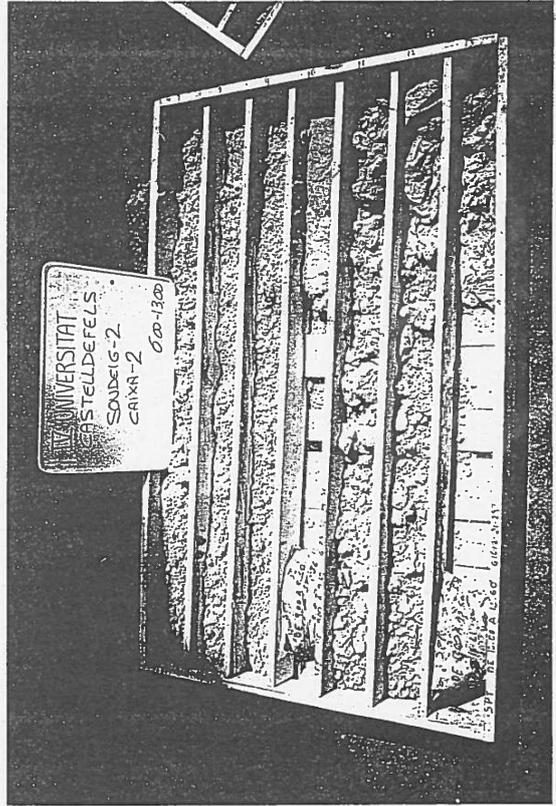
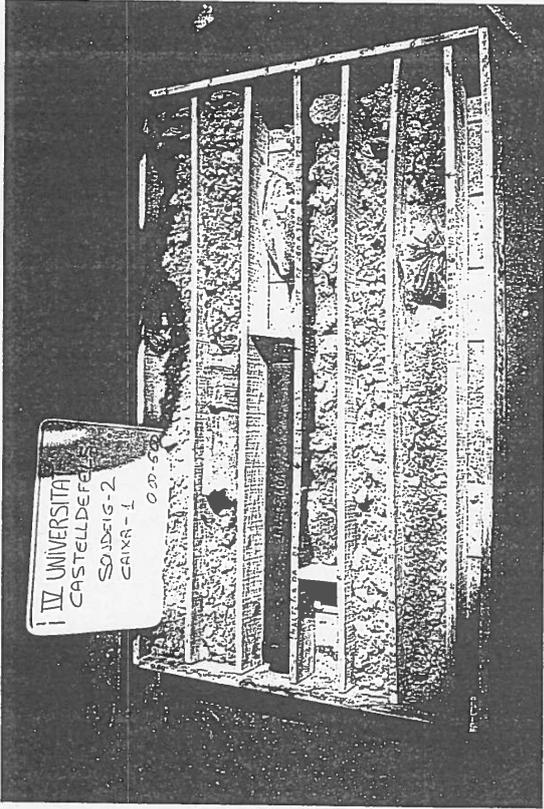
PETICIONARI: INSTITUT CATALÀ DEL SÒL

BRA: IV UNIVERSITAT-CASTELLDEFELS. FASE III



Sondeos y Anclajes

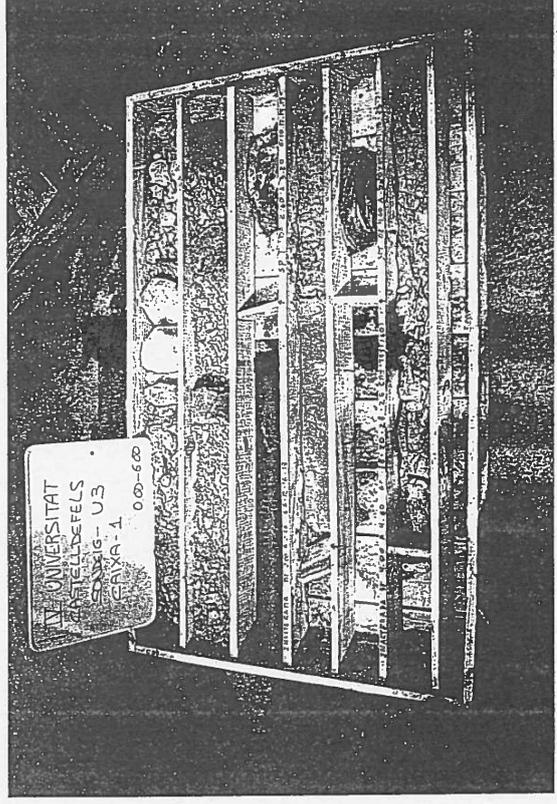
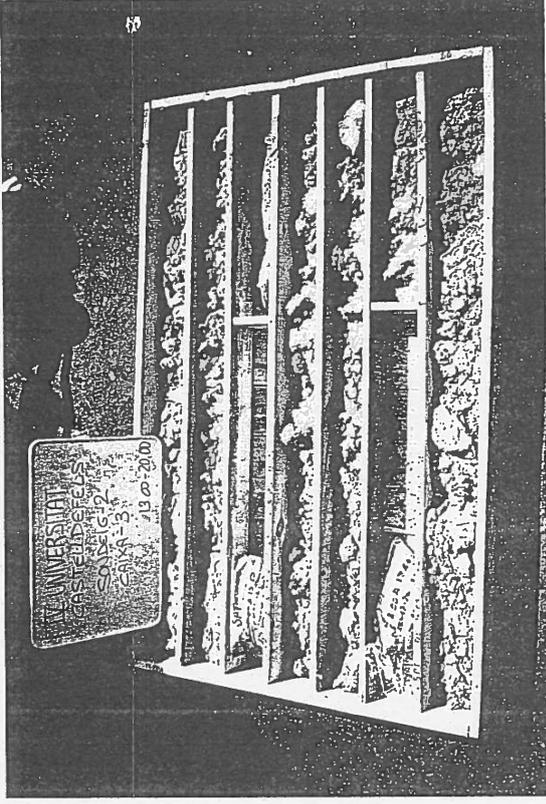
Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sondeos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.

Sondeos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

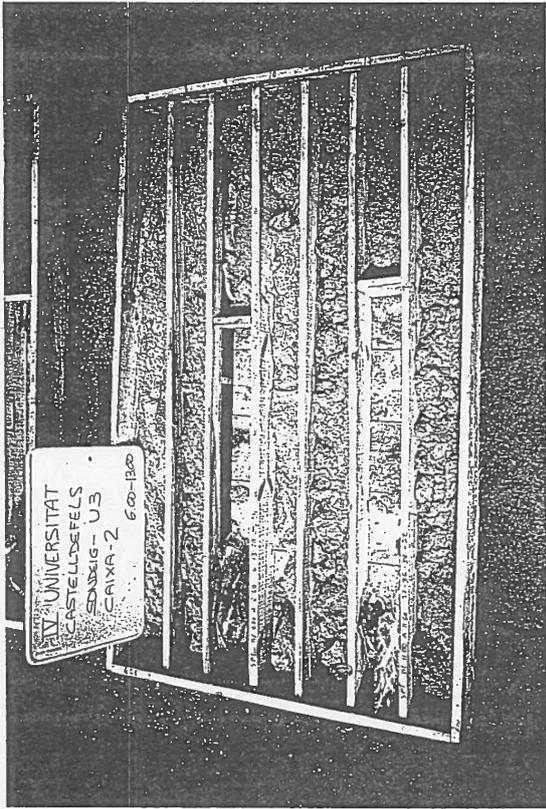


Sondeos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.



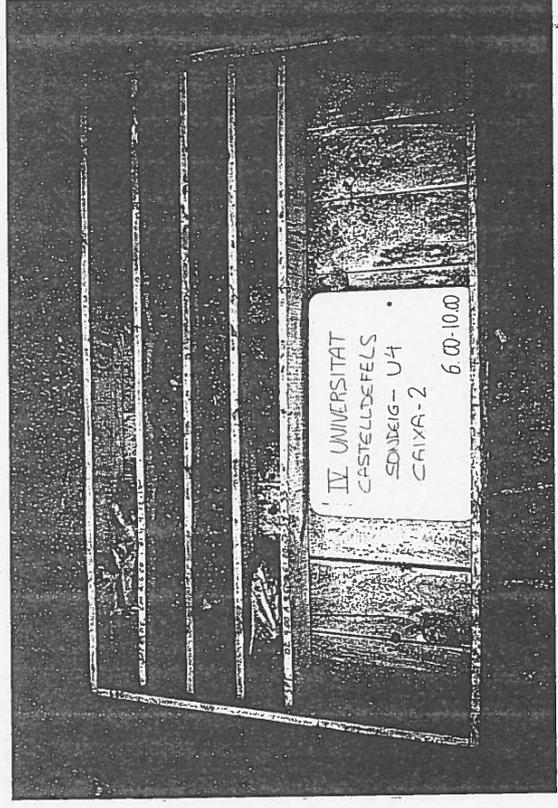
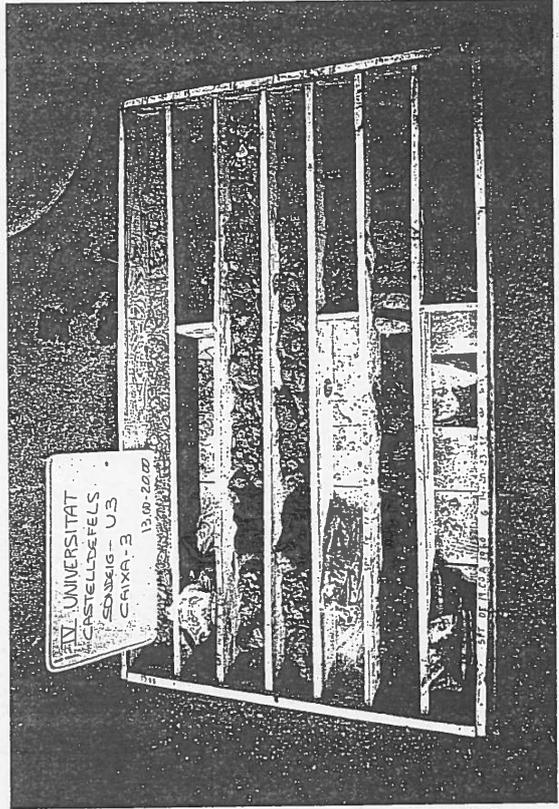
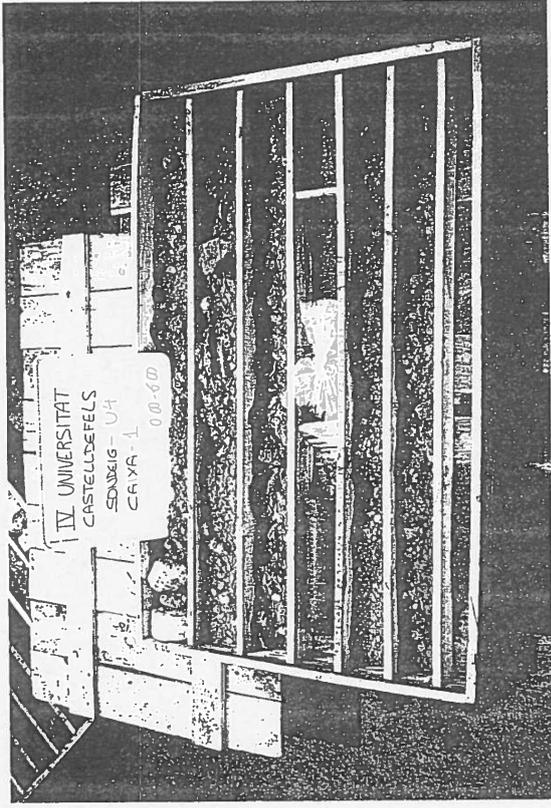
Sondaos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sondaos y Anclajes

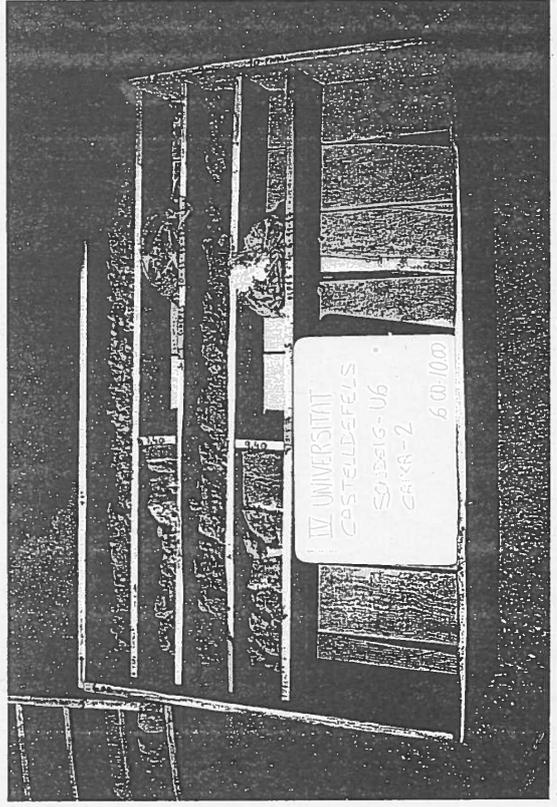
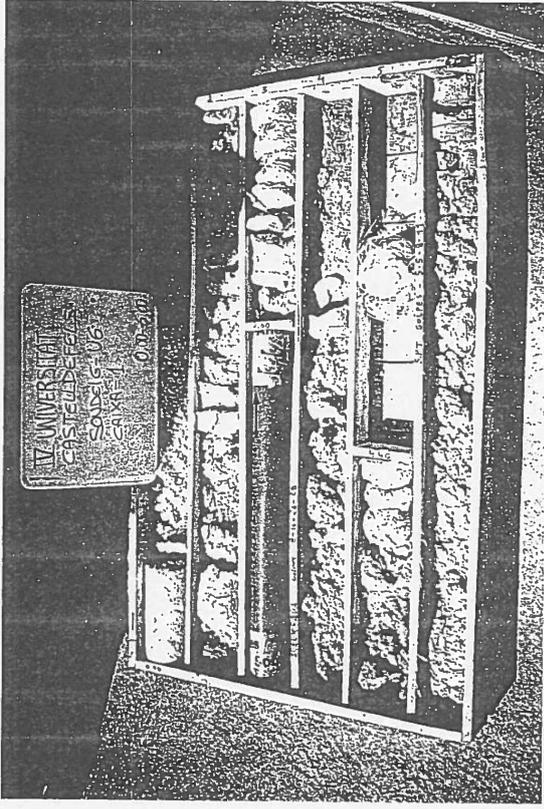
Sdad. Coop. Catalana Ltda.





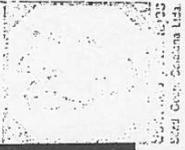
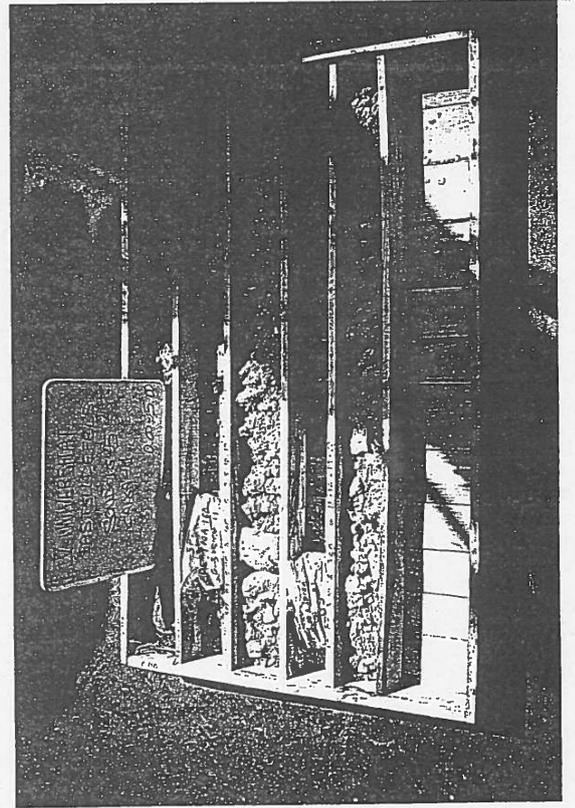
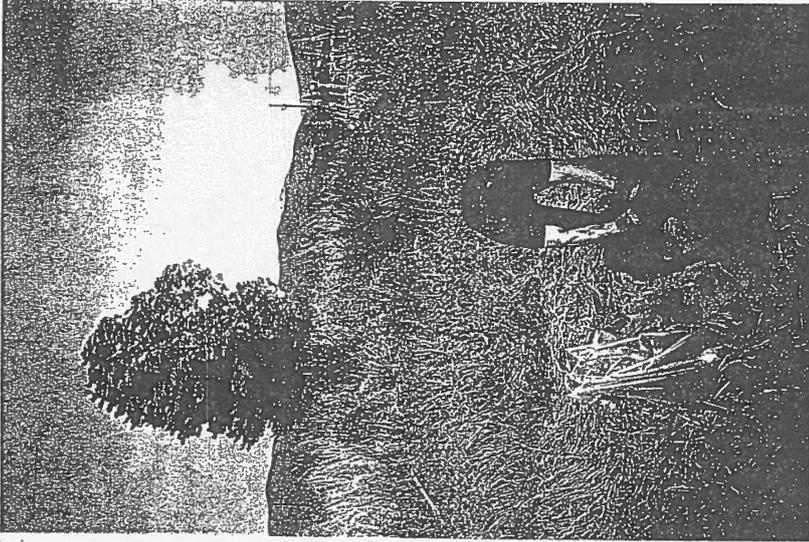
Sondaos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sondaos y Anclajes

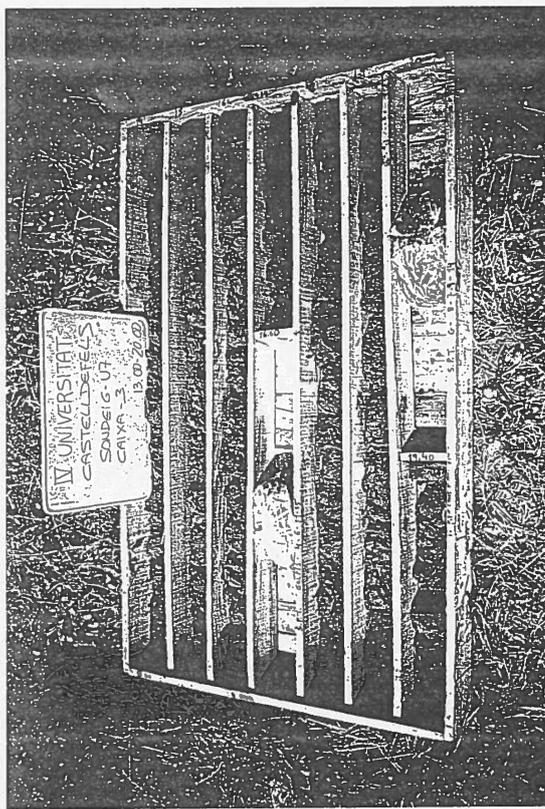
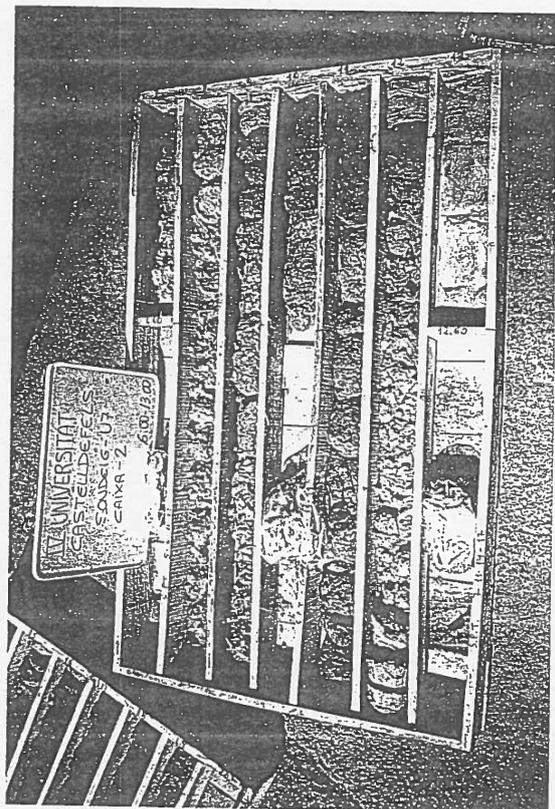
Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sdad. Coop. Catalana Ltda.

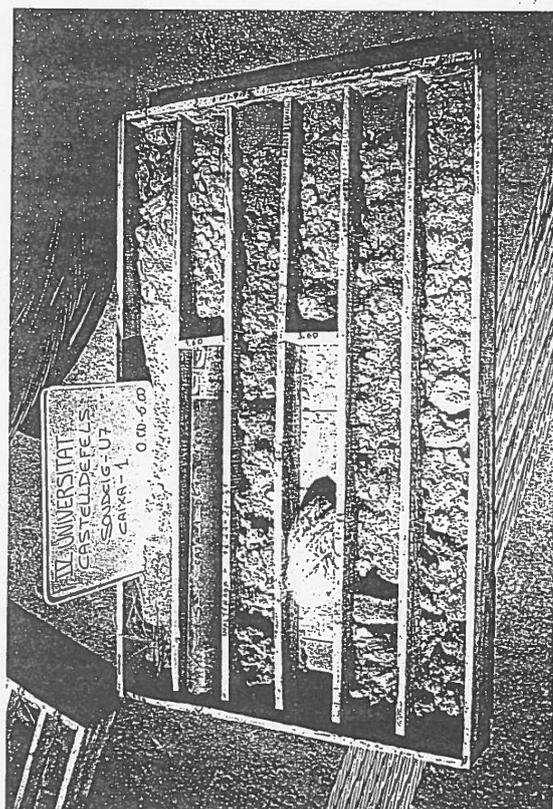
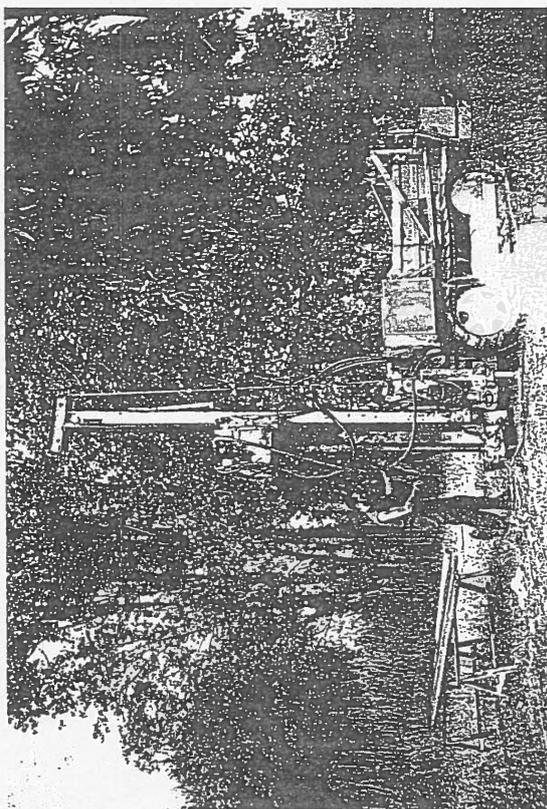
Sondeos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sondeos y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Ltda.

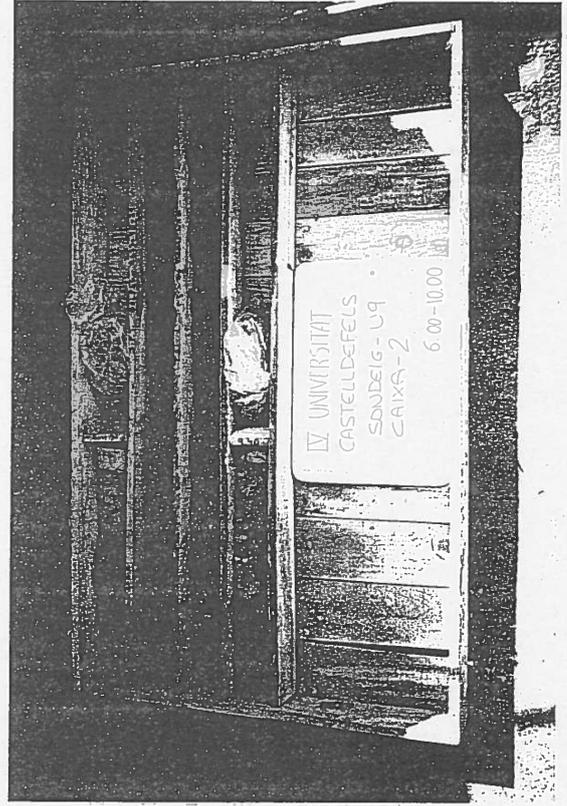
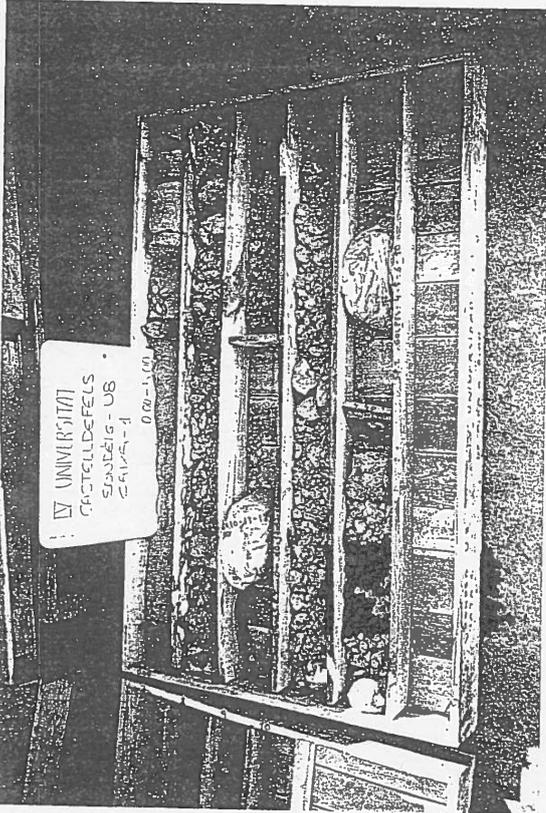
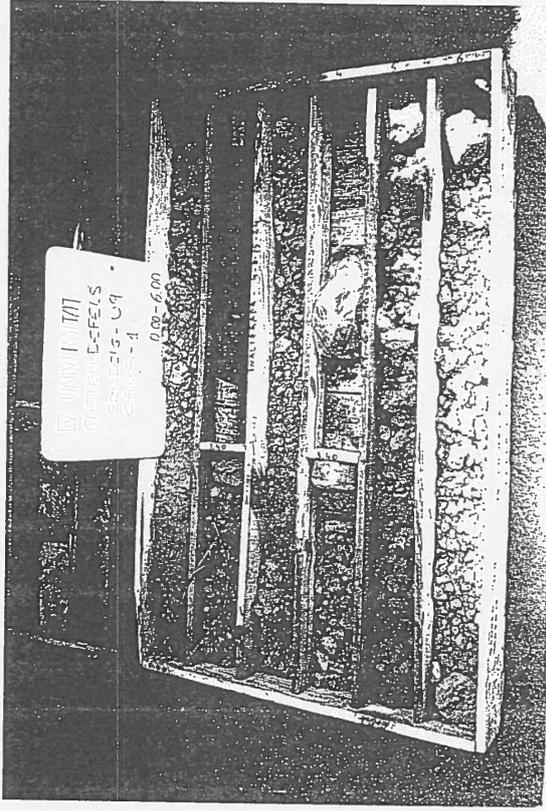




Sondes y Anclajes

Sdad. Coop. Catalana Lida.

x v



Sondes y Anclajes

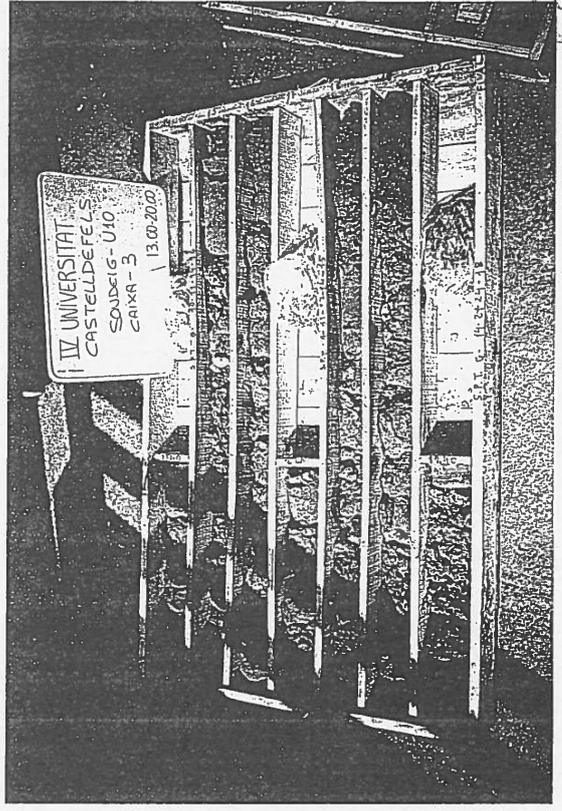
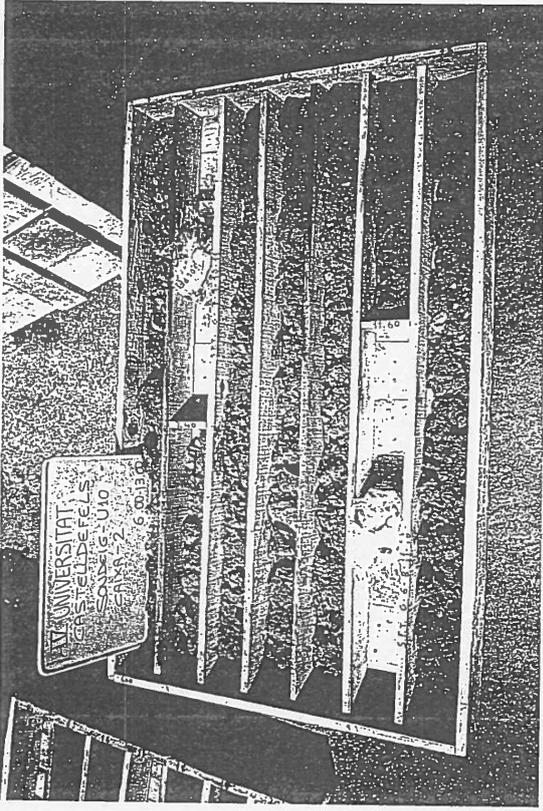
Sdad. Coop. Catalana Lida.



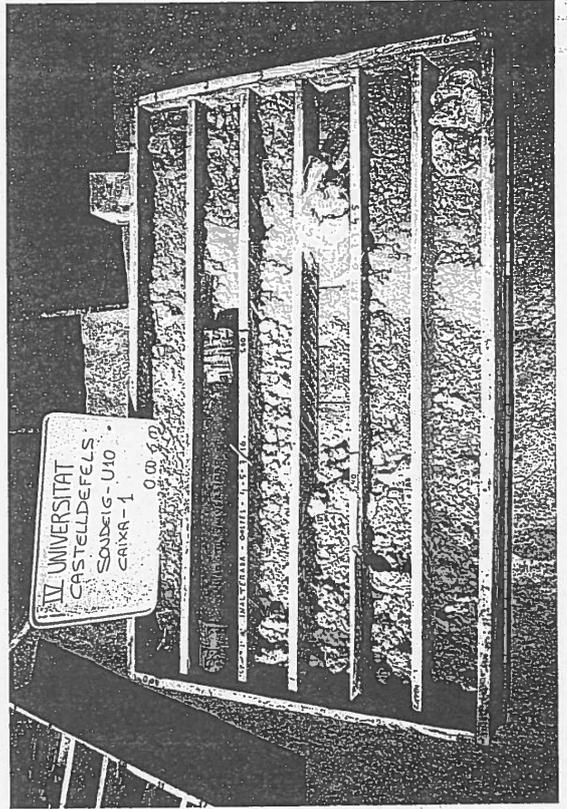
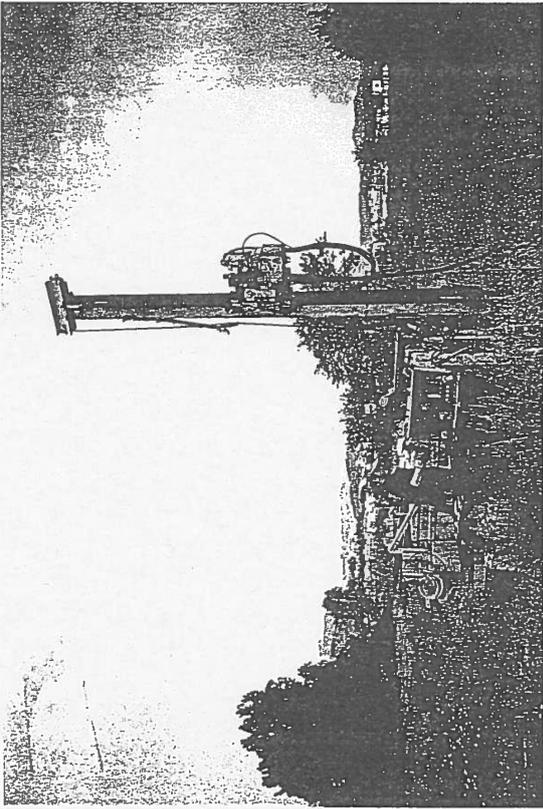
Castelldefels, 15000
Sdad. Coop. Catalana Lida.



Sondeos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.



Sondeos y Anclajes
Sdad. Coop. Catalana Ltda.



**Documento nº 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO V:
Hidráulica e hidrología**

ÍNDICE

1. Obtención de datos	2
-----------------------------	---

1. Obtención de datos

No se ha podido obtener el estudio hidráulico de la zona, si bien en el proyecto de urbanización del PMT-UPC *“Projecte d’urbanització per a l’establiment d’un recinte universitari a Castelldefels”* facilitado por el *“Institut Català del Sòl (INCASÒL)”* está determinado el nivel de agua normal, mínimo y máximo que se puede dar en la laguna de laminación. En este proyecto se toma como calado de diseño el determinado por una lámina de agua de cota 1,65 m respecto al nivel del mar.

De todas formas, en un futuro, antes de la construcción de la pasarela será necesaria la realización de un estudio hidráulico de la zona para comprobar que las hipótesis adoptadas han sido adecuadas.

A continuación, en la Figura 1 se presenta un plano extraído del proyecto mencionado, donde se observan los datos comentados.

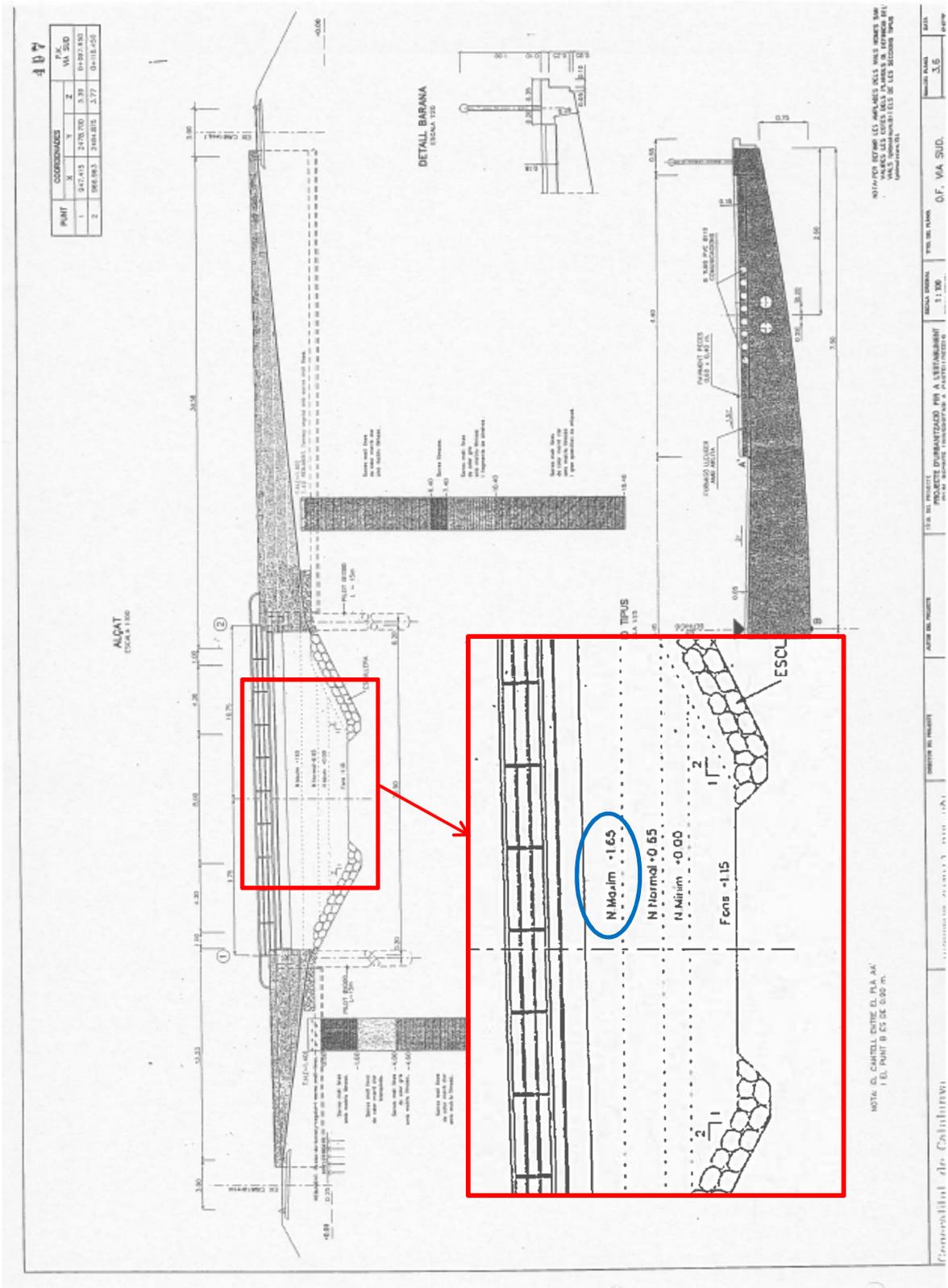


Figura 1. Calado de disseny

**Documento nº 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO VI:
Bases de cálculo**

ÍNDICE

1. Tecnología Tensairity®: procedimiento de cálculo	3
2. Descripción de las estructuras	4
3. Normativa	7
4. Acciones	8
4.1. Valores característicos	8
4.2. Valores de cálculo	8
4.3. Combinación de acciones: Estados Límite	9
5. Materiales y coeficientes de seguridad	9
5.1. Tejido	9
5.2. Cinta de carga	10
5.3. Madera	10
5.4. Acero	10
6. Criterios de cálculo. Estados límite	11
6.1. Vigas Tensairity®	11
6.1.1. Tubo hinchable	12
6.1.2. Elemento de compresión	12
6.1.3. Elemento de tracción	13
6.2. Resto de elementos de la pasarela	13
6.2.1. Vigas transversales	13
6.2.2. Tablero	15
6.3. Apoyos acero vigas Tensairity®	16
6.4. Estructuras de apoyo	17
6.4.1. Pilotes de apoyo de las vigas Tensairity®	17
6.4.2. Pilotes de apoyo de la superestructura	18
6.4.3. Vigas transversales	18
6.4.4. Tablero	20

7. Bibliografía Tensairity® 21**DOCUMENTOS ANEXOS:**

- *LUCHSINGER, R.H., PEDRETTI, A., PEDRETTI, M. & STEINGRUBER, P. (2004). The new structural concept Tensairity: Basic principles. Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Lisse (The Netherlands)*
- *LUCHSINGER, R.H., PEDRETTI, A., PEDRETTI, M. & STEINGRUBER, P. (2004). The new structural concept Tensairity: FE-modeling and applications. Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Lisse (The Netherlands)*
- *PEDRETTI, M. (2004). Tensairity®. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS)*

1. Tecnología Tensairity®: procedimiento de cálculo

Los elementos estructurales básicos en la pasarela son las 2 vigas Tensairity®, que soportan la carga del resto de la estructura junto con la sobrecarga de uso.

La tecnología Tensairity® se basa en la combinación sinérgica entre cables, elementos de compresión, membranas y aire a baja presión. En Tensairity®, compresión y tracción están físicamente separados por una membrana de tejido hinchada a baja presión, el fin de la cual es, por un lado pretensar el elemento de tracción, y por el otro estabilizar el elemento de compresión frente al pandeo. Esto permite llevar al material hasta su límite plástico, tanto para tracción como para compresión, dando como resultado vigas que pueden ser varios órdenes de magnitud más ligeras que las vigas metálicas convencionales, manteniendo siempre su misma capacidad de carga. La propiedad más importante de Tensairity® es que el aire a presión es independiente de la delgadez de la viga y de la luz de la estructura. La estabilidad de este soporte está determinada por la tensión en la tela, la cual es proporcional a la presión interior del tubo.

El nuevo concepto de viga hinchable soluciona el problema de limitación de carga de las estructuras hinchables simples ya que la capacidad de carga de Tensairity® es, en orden de magnitud, más elevada que en una viga de aire tradicional. Su capacidad de carga es tan alta que con una presión interior del orden de varios cientos de milibares es posible construir puentes temporales para transportes pesados.

Actualmente existen pocas estructuras construidas mediante el uso de la tecnología Tensairity®, como por ejemplo un puente para esquiadores en Francia (Figura 1).



Figura 1. Puente Tensairity® para esquiadores en Lanslevillard (Francia)

En estos últimos años, la empresa “*Buildair – Ingeniería y Arquitectura, S.A*” está explotando esta tecnología para la construcción de puentes hinchables de despliegue rápido en caso de emergencias. Recientemente, prototipos a pequeña escala y escala real están siendo estudiados y ensayados.

La empresa “*Buildair – Ingeniería y Arquitectura, S.A*” posee derechos de explotación de este tipo de estructuras. En virtud de estos derechos, la empresa cuenta con una política de confidencialidad, por lo que no todos los cálculos realizados se pueden mostrar en este anejo puesto que están protegidos. Estos cálculos han sido desarrollados a partir de publicaciones de referencia en el ámbito de la tecnología Tensairity®. Algunas de estas publicaciones básicas son las siguientes, las cuales se adjuntan al final de este anejo:

- ✓ *LUCHSINGER, R.H., PEDRETTI, A., PEDRETTI, M. & STEINGRUBER, P. (2004). The new structural concept Tensairity: Basic principles. Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Lisse (The Netherlands)*
- ✓ *LUCHSINGER, R.H., PEDRETTI, A., PEDRETTI, M. & STEINGRUBER, P. (2004). The new structural concept Tensairity: FE-modeling and applications. Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Lisse (The Netherlands)*
- ✓ *PEDRETTI, M. (2004). Tensairity®. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS)*

Por lo que se refiere al resto de la estructura, los cálculos se han realizado manualmente, a partir de la estimación de un predimensionamiento y siguiendo un proceso iterativo modificando la geometría y recalculando la estructura hasta conseguir un diseño óptimo, tanto estético como estructuralmente adecuado.

2. Descripción de las estructuras

La pasarela peatonal objeto de este proyecto está compuesta por dos partes bien diferenciadas, una pasarela Tensairity® que cruza la laguna de laminación y dos estructuras de madera (a modo de embarcaderos del estilo de lo que se muestra en la Figura 2), una a cada lado de la pasarela y donde se apoya ésta, con la longitud necesaria para alcanzar los caminos que bordean el trazado de la laguna.



Figura 2. Estructura de madera a modo de embarcadero

La pasarela tiene una longitud total de 23,5 metros (distancia entre apoyos 22,15 m) y una anchura de 7,5 metros (anchura libre circulable para peatones de 6 metros). Se compone de una parte estructural básica compuesta por dos vigas Tensairity® paralelas entre sí separadas una distancia de 3,6 m entre ejes, las cuales sirven de soporte al resto de la pasarela. El pendiente máximo es menor del 8%, el cual está limitado por la normativa de accesibilidad.

Tal y como se detalla en la documentación básica adjunta, las vigas Tensairity® están formadas por 3 elementos:

- Un tubo hinchable de PVC de 20,75 m de longitud y unas dimensiones en su sección central de 1,80 m de altura y 2,10 m de anchura. Para respetar la limitación de pendiente máximo, la parte superior del tubo en el centro está situada 0,47 m por encima del eje de sustentación de la pasarela, mientras que la parte inferior queda 1,33 m por debajo. El tubo está formado por 2 cámaras de aire independientes en dirección longitudinal, separadas por una sección de tejido central que, a parte de dividir el tubo en dos partes iguales, ayuda a pretensarlo dando una mayor rigidez inicial.
- Un elemento de compresión de madera de 22,3 m de longitud y una sección transversal de 450 mm x 102 mm, situado longitudinalmente sobre el tubo.
- Un elemento de tracción compuesto por cintas de carga de poliéster de una longitud de 22,9 m y una sección de 600 mm x 7,6 mm, situado a lo largo de la longitud del tubo por su parte inferior.

Las vigas Tensairity® se sitúan sobre las estructuras de madera a ambos lados de la laguna mediante unos apoyos fabricados mediante placas de acero soldadas. Estos apoyos sirven a su vez para fijar los elementos de tracción y compresión por sus extremos y formar así la viga para que trabaje en conjunto uniformemente. El peso de cada una de las vigas es de unos 750 kg sin contar los apoyos.

El resto de la estructura de la pasarela está construido en madera, y se compone de las siguientes partes, con un peso total de unos 4400 kg:

- Vigas transversales de 7,5 m de longitud situadas cada metro transversalmente a las dos vigas Tensairity®, con una sección de 102 mm x 150 mm.
- Un tablero formado por lamas de sección 100 mm x 33 mm situadas sobre las vigas transversales, en dirección paralela a las vigas Tensairity®, con una superficie total a cubrir de 23,5 m x 6,0 m.
- Barandillas formadas por elementos verticales de 1,05 m de altura y sección transversal 102 mm x 100 mm, fijadas a las vigas transversales mediante elementos diagonales de 1,21 m de longitud y sección 33 mm x 100 mm. Sobre estos elementos se coloca un pasamanos de 150 mm x 51 mm y longitud 23,7 m, así como dos láminas más entre el pasamanos y el tablero para evitar caídas, ambas de 33 mm x 150 mm.

Las estructuras de madera donde se apoya la pasarela Tensairity® son dos: lado norte y lado sur. La estructura del lado norte tiene una longitud de 17,1 m medida desde el apoyo de la pasarela hasta el extremo del camino que bordea la laguna, mientras que la del lado sur mide 11,4 m. Ambas estructuras mantienen un pendiente máximo menor del 8%, tal y como limita la normativa de accesibilidad.

Con el fin de mantener una cierta uniformidad en el diseño, la anchura de estas estructuras es la misma que en la pasarela. En este sentido, las estructuras de madera a ambos lados de la pasarela Tensairity®, donde ésta se apoya, están formadas por pilotes para la cimentación sobre los cuales se apoya la misma superestructura existente sobre las vigas Tensairity® conservando las mismas dimensiones en todos los elementos (vigas transversales, tablero y barandillas), salvo dos aspectos: la separación entre vigas transversales es de 2 m y esto a su vez obliga a que las vigas transversales tengan una sección un poco mayor.

La cimentación de estas estructuras de apoyo está formada por 2 filas paralelas de pilotes de madera separadas 3,6 metros, coincidiendo justo con las líneas marcadas por los ejes de las vigas Tensairity®. La separación entre pilote y pilote es de 2 metros, y el número de pilotes es el necesario hasta alcanzar los caminos que bordean el trazado de la laguna (2 filas de 8 en el lado norte y 2 filas de 6 en el lado sur). Todos los pilotes tienen un diámetro de 150 mm y están clavados a una profundidad de 8 m, excepto los 4 pilotes sobre los que se apoyan las 2 vigas Tensairity® que tienen un diámetro de 350 mm y están clavados a una profundidad de 10 m.

La superestructura es idéntica a la de la pasarela Tensairity®, con la diferencia que sobre cada pareja de pilotes, en sentido transversal a la pasarela, se apoyan las vigas transversales de 7,5 m de longitud, esta vez situadas cada 2 metros y con una sección de 138 mm x 200 mm. El tablero y las barandillas conservan las mismas dimensiones y se apoyan sobre estas vigas como en el caso anterior.

3. Normativa

Los cálculos y el diseño del presente proyecto se han basado en las siguientes normativas:

- IAP-11, Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (2011).
- EUROCÓDIGO 5, Proyecto de estructuras de madera (2006).
- UNE-EN 13782, Estructuras temporales (2007).
- Decreto 135/1995 de 24 de marzo, de despliegue de la Ley 20/1991 de 25 de noviembre, de promoción de la accesibilidad y de supresión de barreras arquitectónicas, y de aprobación del código de accesibilidad, de Cataluña.

4. Acciones

4.1. Valores característicos

Las acciones que se han considerado para el cálculo de la pasarela son:

➤ Acciones permanentes de valor constante (G)

- *Peso propio*: peso de las dos vigas Tensairity (elementos de compresión y tracción, junto con el tubo hinchable)

$$\mathbf{G_K = 14,75 \text{ KN}}$$

- *Cargas muertas*: peso de los elementos no estructurales (vigas transversales, tablero y barandillas)

$$\mathbf{G'_K = 43,0 \text{ KN}}$$

➤ Acciones variables (Q)

- *Sobrecarga de uso*: carga peatonal según normativa

$$\mathbf{q_K = 5 \text{ KN/m}^2}$$

- *Empuje sobre barandillas*: fuerza horizontal y perpendicular al elemento superior de la barandilla

$$\mathbf{Q'_K = 1,5 \text{ KN/m}}$$

4.2. Valores de cálculo

Coefficientes de mayoración en situaciones persistentes:

	ELU Equilibrio	ELU Resistente	ELS
γ_G	1,1	1,35	1,0
γ_Q	1,35	1,35	1,0

En el caso de varias acciones variables actuando simultáneamente, se adoptará como coeficiente para la carga principal el valor $\psi_{1,1} = 0,4$.

El caso más desfavorable será el ELU Resistente, con lo cual tomaremos estos valores para los valores de cálculo de las acciones:

$$\mathbf{G = \gamma_G (G_K + G'_K) = 1,35 \cdot (14,75 + 43,0) = 78,0 \text{ KN}}$$

$$\mathbf{q = \gamma_Q q_K = 1,35 \cdot 5 = 6,75 \text{ KN/m}^2}$$

$$Q' = \gamma_Q Q'_k = 1,35 \cdot 1,5 = 2,0 \text{ KN/m}^2$$

4.3. Combinación de acciones: Estados Límite

A continuación se presentan las combinaciones de acciones u otros parámetros a considerar según los distintos Estados Límite:

- E.L.Último: $\Sigma \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k$
- E.L.Servicio: $\Sigma \gamma_G G_k + \gamma_Q \psi_{1,1} Q_k$
- E.L.Deformación: Flecha máxima $< L/1200$
- E.L.Vibración: Debe comprobarse en caso de tipología estructural singular

Debido al carácter novedoso de este tipo de estructuras, hay aspectos como su comportamiento frente a la acción del viento o los efectos dinámicos debidos a la aplicación de cargas en movimiento que todavía están pendientes de estudio mediante la construcción y ensayo prototipos. Asimismo se prevén deflexiones importantes comparadas con los valores típicos obtenidos en estructuras tradicionales, que están igualmente pendientes de comprobación. De todas formas, la existencia ya de algunas estructuras de este tipo da muestras de que la tecnología funciona y permite su construcción y puesta en servicio.

5. Materiales y coeficientes de seguridad

5.1. Tejido

Elemento estructural: Tubo hinchable de la viga Tensairity

Tipo: PLASTEL® 8820 (Mehler Texnologies)

Densidad: $\rho = 750 \text{ g/m}^2$

Propiedades mecánicas:

Resistencia rotura dirección urdimbre: $R_{Tu,k} = 60 \text{ KN/m}$

Resistencia rotura dirección trama: $R_{Tt,k} = 56 \text{ KN/m}$

Coefficiente de seguridad: $\gamma_k = 2,5$

5.2. Cinta de carga

Elemento estructural: Elemento de tracción de la viga Tensairity

Tipo: Cinta de carga de 300 mm de anchura y 3,8 mm de grosor

Densidad: $\rho = 964 \text{ g/ml}$

Propiedades mecánicas:

Resistencia rotura dirección urdimbre: $R_{\text{rot,k}} = 490 \text{ KN}$

Coefficiente de seguridad: $\gamma_k = 2,5$

5.3. Madera

MADERA 1

Elemento estructural: Elemento de compresión de la viga Tensairity

Otros elementos: Vigas transversales, tablero y barandillas

Tipo: Kerto-Q (Finnforest)

Densidad: $\rho = 480 \text{ kg/m}^3$

Propiedades mecánicas:

Resistencia flexión: $R_{f,k} = 36 \text{ MPa}$

Resistencia tracción: $R_{t,k} = 26 \text{ MPa}$

Resistencia compresión: $R_{c,k} = 26 \text{ MPa}$

Resistencia cortante: $R_{v,k} = 4,5 \text{ MPa}$

Coefficiente de seguridad: $\gamma_k = 1,2$

Clase de servicio (según EC-5): Clase 2 $\rightarrow K_{\text{def}} = 1,0$ (no influye, no se considerará)

MADERA 2

Elemento estructural: Pilotes

Tipo: Madera de pino

Densidad: $\rho = 580 \text{ kg/m}^3$

Propiedades mecánicas:

Resistencia compresión: $R_{c,k} = 46 \text{ MPa}$

Coefficiente de seguridad: $\gamma_k = 1,2$

5.4. Acero

Elemento estructural: Apoyos

Tipo: Acero inoxidable F-8401

Densidad: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Propiedades mecánicas:

Límite elástico: $f_{ck} = 390 \text{ MPa}$

Coefficiente de seguridad: $\gamma_k = 1,15$

6. Criterios de cálculo. Estados Límite

6.1. Vigas Tensairity®

Dada la simetría de la pasarela, cada viga debe soportar la mitad del peso propio de la pasarela y la sobrecarga repartida sobre la mitad de ésta. Así la carga que debe soportar cada viga es:

$$q_{viga} = \frac{78,0/2 \text{ KN}}{22 \text{ m}} + 6,75 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 3 \text{ m} = 22 \text{ KN/m}$$

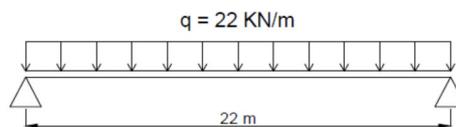


Figura 3. Viga teórica para el cálculo de una viga Tensairity®

Considerando esta carga y la geometría de las vigas descrita anteriormente, los cálculos obtenidos por la empresa "Buildair – Ingeniería y Arquitectura, S.A", para una viga teórica de 22 metros de luz apoyada simplemente en sus extremos y sometida a una carga por unidad de longitud $q_{viga} = 22 \text{ KN/m}$ (Figura 3), dan como resultado:

- Momento flector máximo en centro vano = 1332,38 KN·m
- Cortante máximo en los apoyos = 242,25 KN
- Presión necesaria de hinchado = 489,39 mbar
- Tensión en la membrana del tubo = 44,05 KN/m
- Tracción y compresión en la viga = 760,03 KN

La presión de hinchado de las vigas Tensairity® se establecerá en 500 mbar.

A continuación se presenta el análisis frente a Estados Límite Últimos de los elementos que conforman la viga:

6.1.1. Tubo hinchable

Resistencia a tensión de la membrana:

$$T_d < T_{Rd} \rightarrow \mathbf{OK}$$

$$T_d = 44,05 \text{ KN/m}$$

$$T_{Rd} = \frac{T_k}{\gamma_k} = \frac{60 \text{ KN/m}}{2,5} \cdot 2 \text{ capas} = 48,0 \text{ KN/m}$$

6.1.2. Elemento de compresión

Resistencia a compresión:

$$N_d < N_{Rd} \rightarrow \mathbf{OK}$$

$$N_d = 760,03 \text{ KN}$$

$$N_{Rd} = \frac{N_k}{\gamma_k} = \frac{R_{c,k} \cdot A}{\gamma_k} = \frac{26 \text{ MPa} \cdot 450 \text{ mm} \cdot 102 \text{ mm}}{1,2} = 994,5 \text{ KN}$$

Resistencia al pandeo (según teoría de vigas Tensairity®):

$$P_d < P_{Rd} \rightarrow \mathbf{OK}$$

$$P_d = 760,03 \text{ KN}$$

$$P_{Rd} = 2\sqrt{\pi \cdot p \cdot E \cdot I} = 2\sqrt{\pi \cdot 0,05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 10500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{450 \cdot 102^3}{12} \text{ mm}^4} = 8,6 \cdot 10^{18} \text{ KN}$$

(como dato adicional, si no existiese el tubo hinchable, la resistencia al pandeo sería sólo $P_{Rd} = 8,5 \text{ KN}$, con lo cual tendría serios problemas de pandeo)

Resistencia a flexión y cortante:

El elemento de compresión está apoyado sobre el tubo hinchable, lo que actúa como si fuese un apoyo elástico. Mediante un modelo simple en SAP 2000 se han obtenido los esfuerzos máximos a los que está sometido este elemento, los cuales están muy lejos de producir ningún problema, así que la viga también cumple estos requisitos sin problemas, al igual que en el caso del pandeo.

6.1.3. Elemento de tracción

Resistencia a tracción:

$$N_d < N_{Rd} \rightarrow \mathbf{OK}$$

$$N_d = 760,03 \text{ KN}$$

$$N_{Rd} = \frac{N_k}{\gamma_k} = \frac{490 \frac{\text{KN}}{\text{cinta}} \cdot 4 \text{ cintas}}{2,5} = 784,0 \text{ KN}$$

6.2. Resto de elementos de la pasarela

6.2.1. Vigas transversales

Para el dimensionamiento de las vigas transversales de la pasarela se consideran las 2 vigas Tensairity® actuando como apoyos de una viga simple separados una distancia de 3,6 m, tal y como se muestra en la Figura 4. El ancho libre para la circulación de peatones es de 6 m, con lo cual esta es la distancia máxima donde puede actuar la sobrecarga. Debido a que las vigas transversales están situadas cada metro a lo largo de la longitud de la pasarela, la sobrecarga que actuará por unidad de longitud en cada una de ellas será (despreciando el peso propio del tablero):

$$q = 6,75 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 1 \text{ m} = \mathbf{6,75 \text{ KN/m}}$$

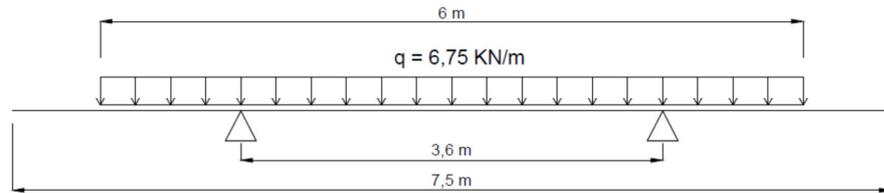


Figura 4. Viga teórica para el cálculo de las vigas transversales apoyadas sobre las vigas Tensairity®. Cortante máximo

Según la configuración de cargas de la Figura 4, el cortante obtenido en los apoyos es máximo:

$$V_{max} = \frac{6,75 \frac{KN}{m^2} \cdot 6 m}{2} = 20,25 KN$$

Para obtener el momento flector máximo en el centro de la viga la configuración es la de la Figura 5, y el valor obtenido es el siguiente:

$$M_{f max} = \frac{6,75 \frac{KN}{m^2} \cdot (3,6 m)^2}{8} = 10,935 KN \cdot m$$

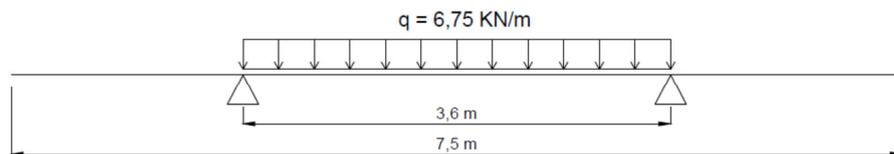


Figura 5. Viga teórica para el cálculo de las vigas transversales apoyadas sobre las vigas Tensairity®. Momento flector máximo

Una vez definidos los esfuerzos máximos sobre las vigas transversales se procede a comprobar los ELU:

- Resistencia a flexión:

$$M_d < M_{Rd} \rightarrow OK$$

$$M_d = 10,935 KN \cdot m$$

$$M_{Rd} \rightarrow \sigma_{Rd} = \frac{M_{Rd}}{W_y} = \frac{M_{Rd}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \rightarrow M_{Rd} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \frac{bh^2}{6} =$$

$$= \frac{36 \text{ N/mm}^2}{1,2} \cdot \frac{102 \text{ mm} \cdot (150 \text{ mm})^2}{6} = 11,475 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

• Resistencia a cortante:

$$V_d < V_{Rd} \rightarrow \text{OK}$$

$$V_d = 20,25 \text{ KN}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_k}{\gamma_k} = \frac{R_{v,k} \cdot A}{\gamma_k} = \frac{4,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 102 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}}{1,2} = 57,375 \text{ KN}$$

6.2.2. Tablero

Para el dimensionamiento del tablero de la pasarela se consideran las vigas transversales como apoyos situados cada metro. De esta forma cada lama del tablero, de 100 mm de ancho, se puede considerar en el caso más desfavorable como una viga simple biapoyada de 1 m de luz, tal y como se observa en la Figura 6. La sobrecarga que actúa es:

$$q = 6,75 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,1 \text{ m} = \mathbf{0,675 \text{ KN/m}}$$

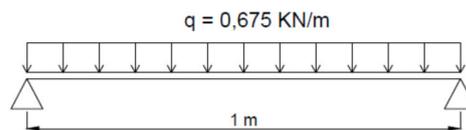


Figura 6. Viga teórica para el cálculo del tablero apoyado sobre las vigas transversales

Según la configuración de cargas de la Figura 6, el momento flector y cortante máximos son:

$$M_{f \max} = \frac{0,675 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot (1 \text{ m})^2}{8} = \mathbf{0,0844 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$V_{max} = \frac{0,675 \frac{KN}{m^2} \cdot 1 m}{2} = 0,3375 KN$$

Una vez definidos los esfuerzos máximos sobre el tablero se procede a comprobar los ELU:

- *Resistencia a flexión:*

$$M_d < M_{Rd} \rightarrow OK$$

$$M_d = 0,0844 KN \cdot m$$

$$\begin{aligned} M_{Rd} \rightarrow \sigma_{Rd} &= \frac{M_{Rd}}{W_y} = \frac{M_{Rd}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \rightarrow M_{Rd} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \frac{bh^2}{6} = \\ &= \frac{36 N/mm^2}{1,2} \cdot \frac{100 mm \cdot (33 mm)^2}{6} = 0,545 KN \cdot m \end{aligned}$$

- *Resistencia a cortante:*

$$V_d < V_{Rd} \rightarrow OK$$

$$V_d = 0,3375 KN$$

$$V_{Rd} = \frac{V_k}{\gamma_k} = \frac{R_{v,k} \cdot A}{\gamma_k} = \frac{4,5 N/mm^2 \cdot 100 mm \cdot 33 mm}{1,2} = 12,375 KN$$

6.3. Apoyos acero vigas Tensairity®

Para el diseño y dimensionamiento de los apoyos de acero se ha partido de las ideas presentes en un proyecto constructivo de una pasarela Tensairity® de 10 metros de longitud y 2,20 metros de anchura libre, proporcionándolo a las medidas del presente proyecto. Es por ello que antes de la construcción de esta pasarela se deberá hacer un análisis en profundidad mediante elementos finitos para determinar las tensiones que deben soportar.

6.4. Estructuras de apoyo

A partir de los datos extraídos del estudio geológico podemos proceder al cálculo de la cimentación:

- *Resistencia del terreno a la penetración por la punta de un pilote:*

$$\sigma_t = 2400 \text{ KN/m}^2$$

- *Resistencia del terreno a la penetración (arenas finas):*

$$\mu = 20 \text{ KN/m}^2$$

La resistencia al hundimiento de un pilote de diámetro D clavado a una profundidad H viene dado por la suma de su resistencia por punta y su resistencia por fuste:

$$N_{Rd} = N_{punta} + N_{fuste} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \sigma_t + \mu \cdot \pi \cdot D \cdot H$$

6.4.1. Pilotes de apoyo de las vigas Tensairity®

El peso total de la pasarela más la sobrecarga de uso se distribuye sobre 4 pilotes, con lo cual la carga que debe soportar cada uno de ellos es:

$$P_{pilote} = \frac{1}{4} \left(78,0 \text{ KN} + 6,75 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 23,5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \right) = 257,44 \text{ KN}$$

Resistencia a compresión de la madera:

$$N_d < N_{Rd} \rightarrow \text{OK}$$

$$N_d = 257,44 \text{ KN}$$

$$N_{Rd} = \frac{N_k}{\gamma_k} = \frac{R_{c,k} \cdot A}{\gamma_k} = \frac{46 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot (350 \text{ mm})^2}{4}}{1,2} = 3688,1 \text{ KN}$$

Resistencia al hundimiento:

$$N_d < N_{Rd} \rightarrow \text{OK}$$

$$N_d = 257,44 \text{ KN}$$

$$N_{Rd} = \frac{\pi \cdot (0,35 \text{ m})^2}{4} 2400 \frac{KN}{m^2} + 20 \frac{KN}{m^2} \cdot \pi \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 450,8 \text{ KN}$$

6.4.2. Pilotes de apoyo de la superestructura

El peso que tiene que soportar cada pilote, despreciando el peso propio de los elementos, es el de la sobrecarga de uso repartida sobre la mitad del ancho, que es de 3 m (2 filas de pilotes paralelas), y una longitud de 2 m (distancia entre pilotes de una misma fila):

$$P_{pilote} = 6,75 \frac{KN}{m^2} \cdot \frac{6 \text{ m}}{2} \cdot 2 \text{ m} = 40,5 \text{ KN}$$

Resistencia a compresión de la madera:

$$N_d < N_{Rd} \rightarrow \text{OK}$$

$$N_d = 40,5 \text{ KN}$$

$$N_{Rd} = \frac{N_k}{\gamma_k} = \frac{R_{c,k} \cdot A}{\gamma_k} = \frac{46 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot (150 \text{ mm})^2}{4}}{1,2} = 677,4 \text{ KN}$$

Resistencia al hundimiento:

$$N_d < N_{Rd} \rightarrow \text{OK}$$

$$N_d = 40,5 \text{ KN}$$

$$N_{Rd} = \frac{\pi \cdot (0,15 \text{ m})^2}{4} 2400 \frac{KN}{m^2} + 20 \frac{KN}{m^2} \cdot \pi \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 8 \text{ m} = 117,8 \text{ KN}$$

6.4.3. Vigas transversales

El cálculo de las vigas transversales para las estructuras de madera se realiza igual que en el caso de la pasarela Tensairity[®], cambiando la sección por la nueva adoptada y considerando el doble de carga actuando sobre ellas, puesto que se ha pasado de una distancia entre vigas de 1 m a 2 m. Así la sobrecarga que actuará por unidad de longitud en cada una de ellas será (despreciando el peso propio del tablero):

$$q = 6,75 \frac{KN}{m^2} \cdot 2 m = 13,5 KN/m$$

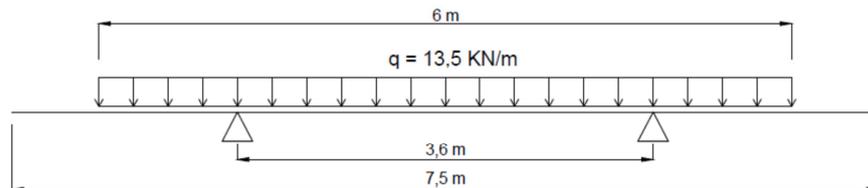


Figura 7. Viga teórica para el cálculo de las vigas transversales apoyadas sobre los pilotes. Cortante máximo

Según la configuración de cargas de la Figura 7, el cortante obtenido en los apoyos es máximo:

$$V_{max} = \frac{13,5 \frac{KN}{m^2} \cdot 6 m}{2} = 40,5 KN$$

Para obtener el momento flector máximo en el centro de la viga la configuración es la de la Figura 8, y el valor obtenido es el siguiente:

$$M_{f max} = \frac{13,5 \frac{KN}{m^2} \cdot (3,6 m)^2}{8} = 21,87 KN \cdot m$$

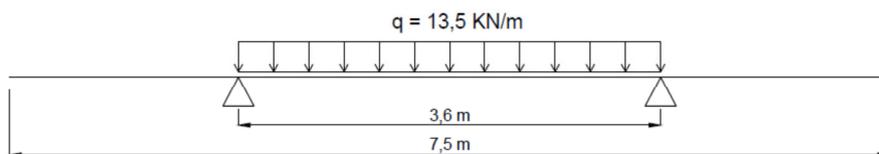


Figura 8. Viga teórica para el cálculo de las vigas transversales apoyadas sobre los pilotes. Momento flector máximo

Una vez definidos los esfuerzos máximos sobre las vigas transversales se procede a comprobar los ELU:

- Resistencia a flexión:

$$M_d < M_{Rd} \rightarrow OK$$

$$M_d = 21,87 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} \rightarrow \sigma_{Rd} = \frac{M_{Rd}}{W_y} = \frac{M_{Rd}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \rightarrow M_{Rd} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \frac{bh^2}{6} =$$

$$= \frac{36 \text{ N/mm}^2}{1,2} \cdot \frac{138 \text{ mm} \cdot (200 \text{ mm})^2}{6} = 27,6 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

• *Resistencia a cortante:*

$$V_d < V_{Rd} \rightarrow \text{OK}$$

$$V_d = 40,5 \text{ KN}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_k}{\gamma_k} = \frac{R_{v,k} \cdot A}{\gamma_k} = \frac{4,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 138 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{1,2} = 103,5 \text{ KN}$$

6.4.4. Tablero

El tablero de las estructuras de apoyo de madera es idéntico al de la pasarela Tensairity[®], excepto que este ahora está apoyado cada 2 m. De esta forma cada lama del tablero, de 100 mm de ancho, se puede considerar en el caso más desfavorable como una viga simple biapoyada de 2 m de luz, tal y como se observa en la Figura 9. La sobrecarga que actúa es:

$$q = 6,75 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,1 \text{ m} = \mathbf{0,675 \text{ KN/m}}$$

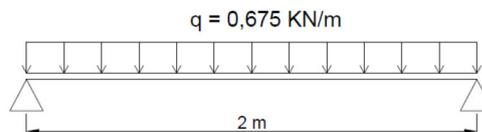


Figura 9 Viga teórica para el cálculo del tablero
apoyado sobre las vigas transversales

Según la configuración de cargas de la Figura 9, el momento flector y cortante máximos son:

$$M_{f \max} = \frac{0,675 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot (2 \text{ m})^2}{8} = \mathbf{0,3375 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$V_{max} = \frac{0,675 \frac{KN}{m^2} \cdot 2 m}{2} = 0,675 KN$$

Una vez definidos los esfuerzos máximos sobre el tablero se procede a comprobar los ELU:

- Resistencia a flexión:

$$M_d < M_{Rd} \rightarrow OK$$

$$M_d = 0,3375 KN \cdot m$$

$$\begin{aligned} M_{Rd} \rightarrow \sigma_{Rd} &= \frac{M_{Rd}}{W_y} = \frac{M_{Rd}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \rightarrow M_{Rd} = \frac{\sigma_{flex}}{\gamma_k} \frac{bh^2}{6} = \\ &= \frac{36 N/mm^2}{1,2} \cdot \frac{100 mm \cdot (33 mm)^2}{6} = 0,545 KN \cdot m \end{aligned}$$

- Resistencia a cortante:

$$V_d < V_{Rd} \rightarrow OK$$

$$V_d = 0,675 KN$$

$$V_{Rd} = \frac{V_k}{\gamma_k} = \frac{R_{v,k} \cdot A}{\gamma_k} = \frac{4,5 N/mm^2 \cdot 100 mm \cdot 33 mm}{1,2} = 12,375 KN$$

7. Bibliografía Tensairity®

A continuación se adjuntan las siguientes publicaciones básicas sobre la tecnología Tensairity®:

- ✓ LUCHSINGER, R.H., PEDRETTI, A., PEDRETTI, M. & STEINGRUBER, P. (2004). *The new structural concept Tensairity: Basic principles. Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Lisse (The Netherlands)*
- ✓ LUCHSINGER, R.H., PEDRETTI, A., PEDRETTI, M. & STEINGRUBER, P. (2004). *The new structural concept Tensairity: FE-modeling and applications. Proceedings of the*

Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation.
Lisse (The Netherlands)

- ✓ *PEDRETTI, M. (2004). Tensairity®. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS)*

The new structural concept Tensairity: Basic principles

R.H. Luchsinger

Prospective Concepts AG, Glattbrugg, Switzerland

A. Pedretti, M. Perdetti & P. Steingruber

Airlight Ltd, Biasca, Switzerland

ABSTRACT: Light weight structures are a challenge for the structural engineer and an important step towards a sustainable architecture. We present the new light weight structural concept Tensairity. In Tensairity, compression and tension are physically separated. Low pressure compressed air is used for pretensioning the tension element and for stabilizing the compression element against buckling. It can be shown that no buckling problem arises. This allows to use the material both for tension and compression to its yield limit. As a result, Tensairity girders can be by factors lighter than conventional beams. The technology is ideally suited for wide span structures and for deployable applications as temporary bridges, scaffolds or large tents. Prototypes, finite element analysis as well as experimental studies have proven the concept. In this paper, the basic principles of Tensairity are presented.

1 INTRODUCTION

Light weight structures are more than light materials. The essence of engineering light weight structures is a careful design of the force flow within the structure such that minimal material is used for the specific task. Cables under tension are the most efficient way of structural use, since the cable strength is independent of the length of the cable and solely given by the material strength. However, whenever there is tension, there is compression, too. And for compression length matters. The danger of buckling demands for larger cross sections and thus for more material. As a result, columns are heavier and thicker than cables as it obvious in the case of suspension bridges.

Constructive separation of tension and compression is a major goal of good light weight engineering. The principle is fully adapted in tensegrity structures (Fuller 1975, Pugh 1976). Astonishing sculptures were built with the tensegrity principle of discontinuous compression and continuous tension, but structures solely based on floating compression are not suited for technical applications (we do not consider the compression ring of cable roofs as a tensegrity structure).

In our new developed structural concept Tensairity we have overtaken the tensegrity principle of constructive separation of tension and compression in cables and struts. Plus we have added as a third element low pressured air for stabilization.

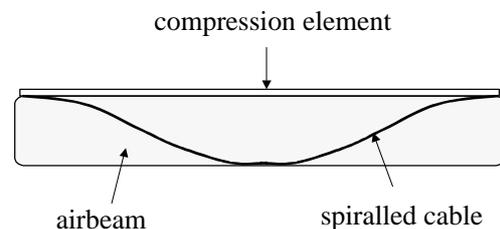


Figure 1. Basic elements of a Tensairity beam.

Cables, struts and compressed air complete each other perfectly. The result is a modified airbeam with the same load bearing capacity as a steel beam but with a dramatically reduced weight. The protected brand name Tensairity[®], a combination of tension, air and integrity, reflects the relationship with tensegrity.

The main advantages of Tensairity structures are light weight, fast erection and dismantling and small storage and transportation volume. Given this properties, Tensairity is ideally suited for wide span roof structures as well as deployable structures as tents and temporary bridges.

In this paper we describe the basic elements and principles of Tensairity. A simple mathematical model is given to understand the fundamental properties of Tensairity. In a second paper presented in this volume (Pedretti et al. 2004), first applications and details about finite element modelling of Tensairity structures are outlined.

2 THE TENSAIRITY PRINCIPLE

The basic Tensairity beam consists of three major parts: a cylindrical airbeam under low pressure, a compression element tightly connected to the airbeam and two cables running with different helicity in a spiral form around the airbeam (Fig. 1). The cables are connected to each end of the compression element closing the force flow between cables and compression element. The role of the compressed air is to pretension the cables and to stabilize the compression element against buckling. In Tensairity the airbeam has solely a stabilizing function which is the reason that Tensairity can operate with low air pressure. The loads are carried by the cables and the compression element. Therefore, the load bearing capacity of a Tensairity structure is determined by the dimensions of the cables and the compression element. Since no buckling problem arises in the compression element, the material of both the cable and the compression element can be used to the yield limit and therefore in its most efficient way. This is the reason for the outstanding light weight properties of Tensairity.

3 PHYSICAL MODEL OF TENSAIRITY

3.1 Role of the model

The mechanics of a Tensairity beam is described by a mixture of beam theory and membrane theory. Due to the inherent three dimensional character of the structure given by the combination of spiralled cables and linear compression elements, the theory of Tensairity is complex. Therefore, numerical finite element analysis must be applied for accurate calculation of the behaviour of Tensairity in most situations (Pedretti 2004). However, to shed light on the mechanics of Tensairity, a physical model is presented in this paper. For clearness and simplicity, many simplifications and approximations underlie the model. The main objective of this model is a basic understanding of the interactions between load, pressure, membrane, compression element and cables in Tensairity beams.

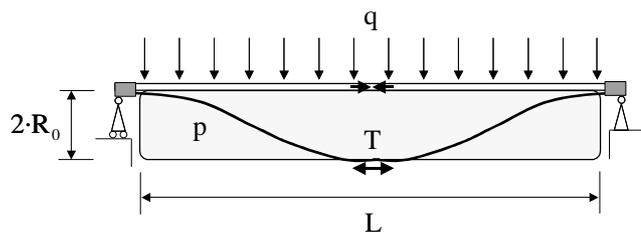


Figure 2. Simply supported Tensairity beam under homogeneous distributed load.

3.2 Cable forces

A Tensairity beam with span L under homogenous distributed load q is shown in Figure 2. The maximal bending moment in the middle of the beam is given by standard beam theory

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} . \quad (1)$$

The bending moment of the load is compensated by the moment given by the cable tension times the diameter of the beam. With T equal the total cable force and R_0 the radius of the beam, one finds

$$M = T \cdot 2 \cdot R_0 . \quad (2)$$

Introducing the slenderness g of the beam

$$g = \frac{L}{2 \cdot R_0} , \quad (3)$$

the total cable force can be determined from Equation 1 and 2 to be

$$T = \frac{q \cdot L \cdot g}{8} . \quad (4)$$

The total cable force is proportional to the load, the span and the slenderness of the beam.

3.3 Membrane cable interaction

The cable force is also determined by the interaction of the cable with the membrane. Under load, the cable presses into the membrane leading to a normal force f on the cable. From cable theory it is well known that the cable force is given by the product of the normal force and the curvature of the cable. The total cable force for two cables is then

$$T = 2 \cdot f \cdot r \quad (5)$$

with the curvature r of the spiralled cable given by

$$r = R_0 \cdot \left(1 + \frac{g^2}{p^2} \right) \cong R_0 \cdot \frac{g^2}{p^2} \quad \text{for } g \gg 1. \quad (6)$$

The normal force f on the cable is a function of the constriction of the membrane. The more the cable presses into the membrane, the higher the normal force. Due to the spiralled form of the cable, the interaction between cable and membrane is involved. However, with increasing slenderness of the tube, the cable lies more and more parallel to the tube axis. For parallel cables, the problem reduces to two dimensions and a simple model can be formulated. In Figure 3, the initial circular cross section of the tube (dashed line) is constricted by two diametrical forces representing the cables. As the cables press into the membrane, the initial circle of the membrane splits into two circles with decreasing radius.

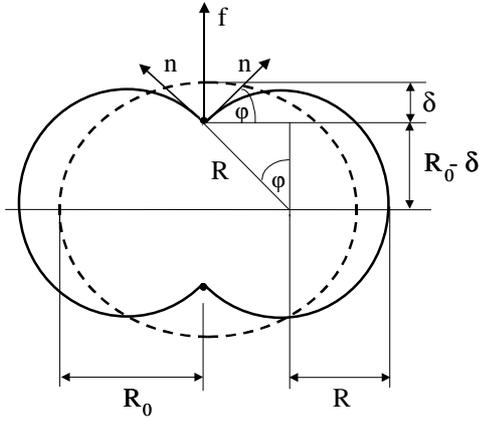


Figure 3. Membrane deflection due to the cable.

Assuming an inelastic membrane, the radius as a function of the angle \mathbf{j} decreases as

$$R = R_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot \mathbf{j}}{p}} \quad (7)$$

The membrane hoop force n in a cylinder under pressure p is

$$n = p \cdot R \quad (8)$$

and thus the normal force on the cable

$$f = 2 \cdot n \cdot \sin \mathbf{j} \quad (9)$$

We assume that the pressure is kept constant in the tube.

By means of Equations 7, 8 and 9, the normal force can be written as

$$f = 2 \cdot p \cdot R_0 \cdot \frac{\sin \mathbf{j}}{1 + \frac{2 \cdot \mathbf{j}}{p}} \quad (10)$$

In terms of the constriction \mathbf{d} defined as

$$\mathbf{d} = R_0 - R \cdot \cos \mathbf{j} \quad (11)$$

the normal force can be approximated up to first order by

$$f = p \cdot \mathbf{p} \cdot \mathbf{d} \quad (12)$$

and up to second order by

$$f = p \cdot R_0 \cdot \mathbf{p} \cdot \frac{\mathbf{d}}{R_0} \cdot \left(1 - \frac{\mathbf{d}}{R_0}\right) \quad (13)$$

The normal force (Eq. 10) and its first and second order approximation are plotted as a function of the constriction in Figure 4. As can be seen, the second order approximation is very good for $\mathbf{d}/R_0 \leq 0.3$. Restricting the deflection to $\mathbf{d}/R_0 \leq 0.2$, the maximal normal force is given by

$$f_{\max} \cong p \cdot R_0 \cdot 0.5 \quad (14)$$

The maximal total cable force is given by (Eqs. 5, 6, 14)

$$T_{\max} = p \cdot R_0^2 \cdot \frac{\mathbf{g}^2}{\mathbf{p}^2} \quad (15)$$

Defining the load per area q_a by

$$q_a = \frac{q}{2 \cdot R_0} \quad (16)$$

the pressure as a function of the load per area can be obtained from Equation 4 and 15

$$p = \frac{\mathbf{p}^2}{2} \cdot q_a \quad (17)$$

The important result is that the pressure in the Tensairity beam is independent of the length of the beam and the slenderness. It is solely given by the load per area. For example a pressure of $p = 5 \text{ kN/m}^2$ (50 mbar) results for a load per area of $q_a = 1 \text{ kN/m}^2$ (100 kg/m^2).

The maximal membrane force is given by Equation 8 for $R = R_0$. Together with Equation 17 one obtains

$$n = \frac{\mathbf{p}^2}{4} \cdot q \quad (18)$$

Again, the membrane force is independent of the length and the slenderness of the Tensairity beam and solely determined by the load per length. With a modest membrane force of $n = 25 \text{ kN/m}$ a load of $q = 10 \text{ kN/m} \cong 1000 \text{ kg/m}$ can be carried. These investigations show, that membrane forces are well within the tolerances of standard fabrics for typical load cases as given by the construction industry. Since the strength of the cables and the compression element can be easily designed to the situation at hand, Tensairity structures can withstand any reasonable load.

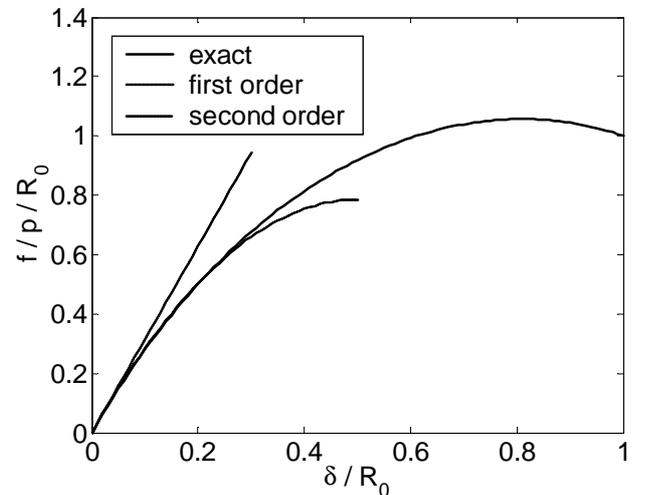


Figure 4. Scaled cable normal force as a function of the membrane constriction.

3.4 Tensairity beam deflection

As in standard beam theory, the Tensairity beam is deflected under load. The displacement is the sum of three factors: the lengthening of the cables due to the load stress, the length reduction of the compression element due the load and the reduction of the spiral radius of the cable due to the constriction of cable into membrane under load. Assuming that the beam bends into a circular shape, one can obtain for large \mathbf{g} the following relation for the deflection w per length at the middle of the beam

$$\frac{w}{L} = \frac{1}{4} \cdot \mathbf{g} \cdot \left(\mathbf{e}_t + \mathbf{e}_c + \frac{\mathbf{d}}{R_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\mathbf{g}^2}{\mathbf{p}^2}} \right) \quad (19)$$

where \mathbf{e}_t is the strain of the tensioned cable, \mathbf{e}_c is the strain of the compression element and \mathbf{d} the constriction of the cable into the membrane as defined by Equation 11. The maximal constriction $\mathbf{d}/R_0=0.2$ used to define Equation 14 might be too large for some deflection critical applications. A higher pressure can thus be applied to reduce the beam deflection.

4 BUCKLING FREE COMPRESSION

The cable force acts on the compression element and buckling of the compression element must be considered. However, the compression element is tightly connected to the membrane and thus can be considered as a beam on an elastic foundation. The buckling load for such a beam is given by (Szabo 1977)

$$P = 2 \cdot \sqrt{k \cdot E \cdot I} \quad (20)$$

with the spring constant k of the elastic foundation (in N/m^2), the modulus of elasticity E and the moment of inertia I of the compression element. In Tensairity the spring constant can be obtained from the investigations of the interaction between cable and membrane. The compression element lies parallel to the tube axis and the two dimensional model of Figure 3 can be applied. By means of Equation 12, one obtains

$$k = \left. \frac{\partial f}{\partial \mathbf{d}} \right|_{\mathbf{d}=0} = \mathbf{p} \cdot \mathbf{p} \quad (21)$$

and the critical buckling load for the Tensairity compression element is

$$P = 2 \cdot \sqrt{\mathbf{p} \cdot \mathbf{p} \cdot E \cdot I} \quad (22)$$

The buckling load increases with the square root of the pressure and is independent of the length of the compression element. A proper choice of the

moment of inertia of the compression elements allows to push the buckling load beyond the yield load and thus making the yield load as the limiting factor of the compression element. This is what we call buckling free compression.

5 WEIGHT OF TENSAIRITY BEAMS

The mass of a Tensairity beam is given by the mass of the cables, the mass of the compression element and the mass of the membrane. The cross sectional area of the cable A_t is determined by the tension force T and the cable yield stress \mathbf{s}_t . The mass per length is given by the product of cross sectional area with the cable mass density \mathbf{r}_t .

The load of the compression element is equal to the tension force of the cables. Thus the material parameters \mathbf{s}_c and \mathbf{r}_c of the compression element define its mass per length in the same way as for the cable. The mass of the membrane is commonly defined by the mass per area \mathbf{w} (in kg/m^2). With Equation 4 the total mass per length of a Tensairity beam is

$$\frac{m}{L} = \frac{q \cdot L \cdot \mathbf{g}}{8} \cdot \frac{\mathbf{r}_t}{\mathbf{s}_t} + \frac{q \cdot L \cdot \mathbf{g}}{8} \cdot \frac{\mathbf{r}_c}{\mathbf{s}_c} + \mathbf{w} \cdot 2 \cdot \mathbf{p} \cdot R_0, \quad (24)$$

where the end caps of fabric tube are neglected for simplicity.

6 COMPARISON WITH SIMPLE AIRBEAMS

A simple airbeam is a fabric tube with radius R_0 under pressure without any struts and cables. Under load, the tube starts to bend and wrinkles appear when the bending moment is greater than (Comer & Levy 1963, Main et al. 1994)

$$M = \frac{1}{2} \cdot \mathbf{p} \cdot \mathbf{p} \cdot R_0^3 \quad (25)$$

Although the collapse moment is twice the wrinkling moment, deflections increase considerably above the wrinkling moment. Thus, the wrinkling moment can be considered as a reasonable load limit for practical applications. Together with Equation 1 and 16, the pressure in the tube \mathbf{p} to hold a given load per area q_a is given by

$$\mathbf{p} = \frac{2}{\mathbf{p}} \cdot q_a \cdot \mathbf{g}^2 \quad (26)$$

The ratio of the load bearing capacity of a Tensairity beam at given pressure (Eq. 17) to a simple airbeam at the same pressure is then

$$\frac{q_{a,Tensairity}}{q_{a,airtube}} = \frac{4}{\mathbf{p}^3} \cdot \mathbf{g}^2 \quad (27)$$

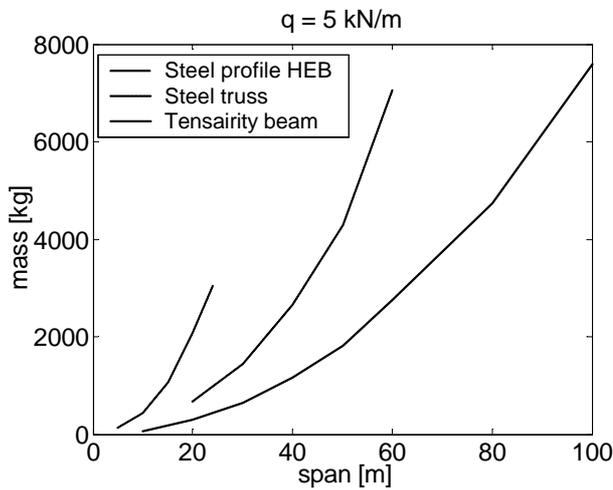


Figure 5. The mass of HEB steel profile girders, steel trusses and Tensairity beams as a function of span for a given load case.

For $g = 10$ one obtains $q_{a,Tensairity} / q_{a,airtube} = 13$, for $g = 30$ one obtains $q_{a,Tensairity} / q_{a,airtube} = 116$. Depending on g , the Tensairity beam is ten to one hundred times stronger than a simple airbeam with the same dimensions and pressure. Or to put it differently, the pressure in a simple airbeam must be ten to one hundred times larger than in a Tensairity beam to withstand the same load. Therefore, applications of simple airbeams in construction is very limited.

7 EXAMPLES

As an example, we consider a Tensairity beam with span $L = 10$ m, slenderness $g = 10$ and a load per area of $q_a = 1$ kN/m². The load per length is $q = 2$ kN/m (Eq. 16). The needed pressure is 50 mbar (Eq. 17) and the membrane force is 4.9 kN/m (Eq. 18). The mass of the beam is given by Equation 24. For steel cables ($s_t = 15 \cdot 10^8$ N/m², $r_t = 7800$ kg/m³), a steel compression element ($s_c = 3.55 \cdot 10^8$ N/m², $r_c = 7800$ kg/m³) and a membrane with mass per area of $w = 0.8$ kg/m² (PVC/Polyester type I), one obtains 0.13 kg/m for the cables, 0.55 kg/m for the compression element and 2.5 kg/m for the membrane. The whole beam weights 32 kg. The membrane with 25 kg is the most important part. A steel profile (HEB 100) with the same span designed for the same load weighs 204 kg. Tensairity is by a factor 6 lighter than the steel girder.

Increasing the load by the factor 10 to $q = 20$ kN/m, the pressure increases to 500 mbar and the membrane force to 49 kN/m. With the same materials for the cables and the compression element, however with a stronger membrane (PVC/Polyester type IV, $w = 1.3$ kg/m²) one gets masses of 1.3 kg/m (cables), 5.5 kg/m (compression element) and 4.1 kg/m (membrane). The total mass of the 10 m span Tensairity beam is 109 kg. Now the

heaviest contribution results from the compression element. The steel profile (HEB 220) weights 715 kg and a similar weight ratio to Tensairity as for the load case $q = 2$ kN/m results.

A more detailed comparison of the weight of steel profiles (HEB), steel trusses and Tensairity beams as a function of the span is shown in Figure 5. A distributed load of 5 kN/m was applied, the slenderness of the Tensairity beam is 20. As can be seen, Tensairity is in the given range between a factor two and three lighter than the truss, which itself is about a factor three lighter than the steel profile.

8 CONCLUSIONS

The fundamental mechanics of the Tensairity beam can be understood by a simple physical model connecting beam mechanics and membrane physics. The crucial property of Tensairity is that important parameters as the pressure and the membrane force are solely given by the load and independent of the length and slenderness of the beam. Due to the elastic embedding of the compression element, buckling free compression can be realized. Thus, the material is used in the most efficient way both for tension and compression and the Tensairity structure is by factors lighter than conventional beams. The Tensairity technology has the advantages of easy storage, easy transportation and easy erection. Indeed, about 95 % of the Tensairity beam volume is air, which does not need to be transported. Sharing the advantages with the simple airbeam, the load bearing capacity of Tensairity is by orders of magnitudes higher than for the simple airbeam. When compared to conventional steel structures, Tensairity beams can withstand the same loads by a dramatically reduced weight. Naturally, more sophisticated materials as carbon or Kevlar can be used in Tensairity when demanded. With all these extraordinary properties, Tensairity has a tremendous potential in construction industry for applications as e.g. wide span roof structures, temporary bridges and temporary buildings.

REFERENCES

- Comer, R.L. & Levy, S. 1963. Deflections of an inflated circular cylindrical cantilever beam. *A.I.A.A. Journal*, Vol. 1, N^o 7:1652-1655.
- Fuller, R.B. 1975. *Synergetics*. New York: MacMillan.
- Main, A., Peterson, S.W. & Strauss, A.M. 1994. Load-deflection behaviour of space-based inflatable fabric beams. *Journal of Aerospace Engineering*, Vol. 7, N^o 2: 225-238.
- Pedretti, A., Steingruber, P., Luchsinger, R.H. & Pedretti, M. 2004. The new structural concept Tensairity: FE-modelling and applications. ???
- Pugh, A. 1976. *An introduction to tensegrity*. Berkely: University of California Press.
- Szabo, I. 1977. *Höhere Technische Mechanik*. Berlin: Springer.

The new structural concept Tensairity: FE-modeling and applications

A. Pedretti, P. Steingruber & M. Pedretti

Airlight Ltd, Biasca, Switzerland

R.H. Luchsinger

Prospective Concepts AG, Glattbrugg, Switzerland

ABSTRACT: The new lightweight structural concept Tensairity is based on a subtle interaction between cables, compression elements, membranes and low-pressure air. While the fundamental behavior of Tensairity is well described by a simple analytical model, detailed predictions rely on numerical analysis. We created and optimized a FE model based on a commercial software (ANSYS 7.1). Details of the model as meshing, element types and contact characteristics used in our non-linear large displacement analysis and transient dynamic analysis are presented. The model yields reliable results, which are backed up by experimental studies. Various types of Tensairity beams have been investigated elucidating the relation between form and stiffness in Tensairity structures. Calculations and design of the first Tensairity applications including a hall (exhibition centre Villa Erba, Cernobio, Italy) and a footbridge (Leamouth bridge competition, London, England) are presented demonstrating the maturity of the technology and the modeling.

1 INTRODUCTION

The new structural concept Tensairity is a synergetic combination of an air-beam and traditional building elements of civil engineering as cables and struts. The strut or in general terms the compression element lies parallel to the air-beam and is tightly connected with the membrane of the air-beam. The two cables are spiraled with different helicity around the air-beam and are firmly connected at both ends to the compression element. The fundamental setup of a Tensairity beam is shown in Figure 1.

Many of the outstanding properties of Tensairity as well as the basic principles are described in detail in an other paper of this volume (Luchsinger et al. 2004). Among the most interesting properties are the complete functional separation of tension and compression in Tensairity structures, the load bearing capacity comparable to conventional steel structures, the suppression of buckling in the compression element due to its elastic embedding on the air-tube and the resulting extraordinary light weight. Furthermore, Tensairity still has the very useful properties of an air-beam such as fast and simple erection, small storage volume and easy transport. These properties make Tensairity very attractive for wide span roof structures as well as temporary buildings and bridges.

The analytical Tensairity model presented by (Luchsinger et al. 2004) relies on various simplifications. Its major role is to give a principal understand-

ing of the interactions between cables, compression element and air-beam in Tensairity. Detailed analyses, as well as the treatment of more complex tube shapes, rely on numerical investigations. Therefore we have used a software package for structural calculations of Tensairity. The code is based on the commercial finite element package ANSYS 7.1. The combination of interacting cables, compression elements and membranes in Tensairity make the FEA by no means trivial. One ends up with a non-linear model both in geometry and material where convergence is always a critical issue.

The objective of this paper is to share some experiences and present some results of the Tensairity FE-modeling. Various aspects of the FE-modeling as the treatment of the compression element, the membrane, the cables as well as the convergence procedure are described in Section 2. FE-modeling has revealed that the cylindrical beam form underlying the basic model (Figure 1) is not optimal. The stiffness of a Tensairity beam can be increased by factors by going towards cigar shaped beam forms. Details of this study are presented in Section 3. As usual the concrete application poses other challenges for the numerical modeling. Therefore some aspects of the FE-modeling for two recent Tensairity projects, the roof structure for an exhibition center and a footbridge are given in Section 4. Finally, some concluding remarks in Section 5 summarize the paper.

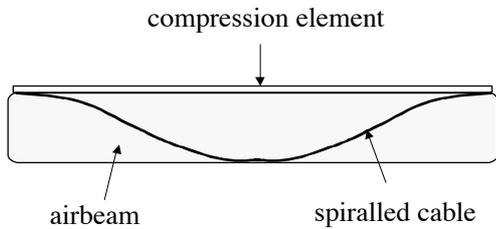


Figure 1. Basic set up of a Tensairity beam.

2 FE-MODELING FOR TENS AIRITY

2.1 Compression element

There are essentially two types of modeling methods for the Tensairity compression element. Which one to choose depends on the construction details of the compression element. In terms of material there is no limitation: steel, aluminum, wood, composite... are all suited for the Tensairity compression element.

If we use extruded or laminated metal profiles the appropriate FEA element is the 1D BEAM element. In ANSYS 7.1, there is the possibility to insert the profile shape in order to extract the corrected inertia and area values. Thus it is possible to consider normal, bending and shear deformations in the calculations, too.

For composites, sandwich constructions, wood or other anisotropic materials the 2D SHELL element is more appropriate. One should consider in the model all layers that build up the compression element including the direction of the fibers. This way the material properties become in general orthotropic.

If the compression element is directly connected with the membrane node by node, the effort exchanges between membrane and compression element are not known. To understand the behavior of the compression element and to support the theory we have introduced some LINK elements between the nodes of the compression elements and the underlying nodes of the membrane as shown in Figure 2. These elements must be very stiff. The resulting normal force of those elements gives the desired interaction between membrane and compression element as shown in Figure 3.

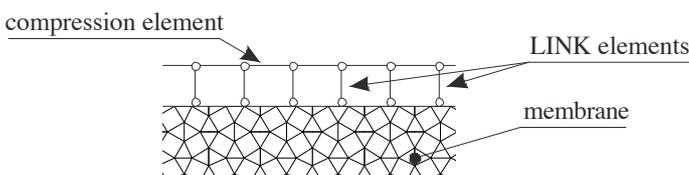


Figure 2. Linking elements between membrane and compression element.

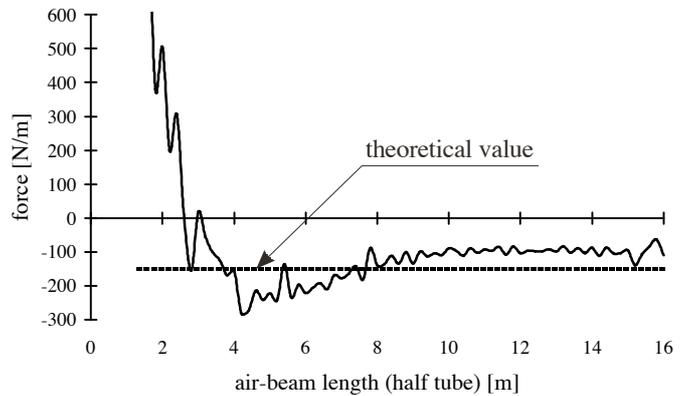


Figure 3. Contact forces between membrane and compression element along the compression element for a Tensairity beam under load. The support is on the left, the middle of the beam on the right.

The reaction of the membrane is almost constant in the middle of the beam as assumed by the analytical model (Luchsinger et al. 2004). On the side, however, near the support, the membrane begins to pull down the compression element. This is due to the fact that the cables lie here over the neutral axis given by the central axis of the beam. This pull force decreases the stabilization effect of the pressurized air. Buckling actually occurs in that region as shown on Figure 8. In order to minimize this effect other than cylindrical membrane shapes were investigated. The shape evolution will be described later in Section 3.

2.2 Membrane

Air-beams are generally made of fabrics and therefore the material model has different properties for the weft and the warp direction. The FEM has to take care of that difference by using orthotropic material type.

The appropriate type of element is obviously the MEMBRANE, able to resist to traction load only. This element poses many convergence problems when loaded in a direction normal to the surface, as it is the case under pressure. This is due to the fact that the membrane should deform a bit before being able to carry the external loads. A trick to avoid that problem is to use a low stiffness spring under each node as shown in Figure 4. These springs can be eliminated after the first convergence step.

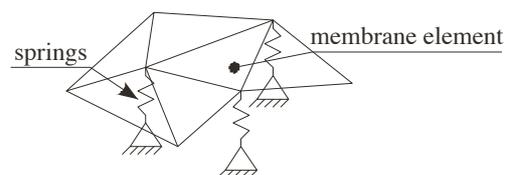


Figure 4. Additional spring elements for the membrane to enhance convergence.

2.3 Cables and contact

The most difficult element to model is the cable. From a material point of view, the cable can be generally considered as elastic. However, the geometry of the cable is involved. The nodes of the cable elements lay on a geodesic curve: the shortest path connecting two points on a given surface. The cable, in fact, would naturally find that position but a reasonable initial position is always needed for the numerical simulation. In the case of a cylinder this curve is obviously a spiral. But in general this curve might be very complex (see Section 4.1. for an example). It is very important to place initially the nodes of the cable elements exactly on the geodesic line. Otherwise large cable displacements are engaged even with small live loads. The global stiffness matrix has then small pivot terms and convergence is not possible.

An other problem is the relatively large deformation of the whole Tensairity structure. The deformed shape will not be a cylinder anymore and neither is the geodesic an ideal spiral. A small band-shaped region, where the cable can move, helps to settle down the cable in the correct position during deformation (Figure 5).

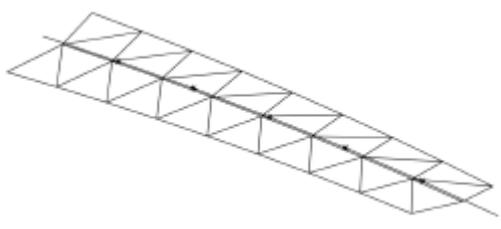


Figure 5. Band region where contact elements act between surface and cable.

The cable is supported by the membrane through contact elements: these elements have four nodes: one connected to the cable and the others connected to the membrane. Contact elements have a non-linear response: very rigid spring type response when compression occurs, no reaction if the cable tends to go away from the membrane.

For a cylindrical Tensairity beam, the contact force between the cable and the membrane of the analytical model (Luchsinger et al. 2004, Eq. 10) can be compared to the FEA result, where the force is directly given by the contact elements. FEA and theory are in good agreement as shown in Figure 6. For more complex tube geometries an analytical treatment is almost impossible and one must rely on FEA.

A final aspect concerning the cables is friction. To understand the importance of friction, one should extract the in-plane displacement of the cable with respect to the membrane under load. Figure 7 shows this displacement (on a cigar shaped air-beam). For a

static analysis the friction has a slight positive influence on global deformation. This is due to the fact that, with friction, stresses along the cable are not homogeneously distributed. As stresses are locally higher, the global strain of the cable is slightly smaller.

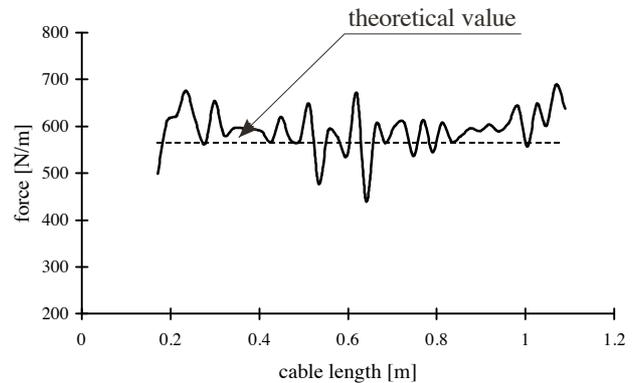


Figure 6. Cable contact force along the cable for a cylindrical Tensairity beam under live load.

Friction is of much greater importance in dynamic analysis. Dry friction allows for a large amount of energy dissipation. Dynamic loads on lightweight structures require a great damping power to avoid resonance. Given the considerable friction between cables and membrane, Tensairity has inherently a very good damping behavior. No external dampers must be added to the structure, as it will be shown in Section 4.2 in the case of a 72 meters span footbridge.

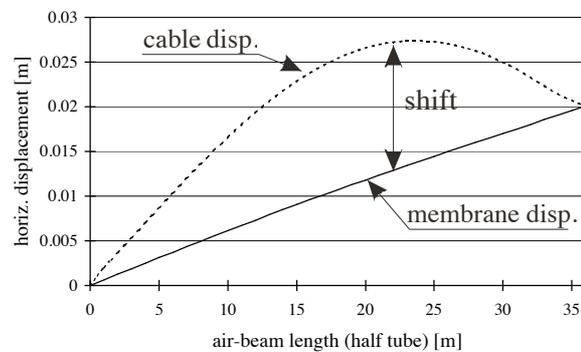


Figure 7. Displacement of cable and membrane under heavy load for a Tensairity beam with 72 m span. The relative displacement can exceed 1 cm.

2.4 Analysis

The non-linear geometric and non-linear material analysis must be executed in several steps to reach convergence. In the first phase only the pressure load is applied, using if required the additional spring elements for the membrane as aid. Cables should be prestressed so that all contact elements work during the first phase. The resulting stresses and displacements are the initial values for the second phase where the live load is added to the structure. Live loads should be applied in small subsequent steps.

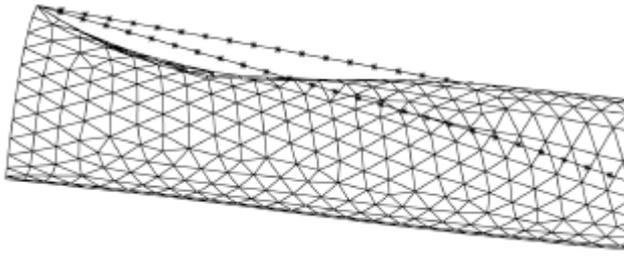


Figure 8. Buckling of the compression element near the support of the Tensairity beam.

Failure of the structure can be reached in two different ways: First the yield stress is reached, generally in the compression element, or second buckling occurs as demonstrated in Figure 8.

For the first case it is enough to get the element resulting stresses under a specified load and verify that they are in the acceptable range. It is not useful to use failure criteria or elastic-plastic constitutive laws for the materials. In Tensairity there is no possibility to redistribute stresses over other structural elements. The structure is statically determinate so the anisotropic nonlinear elastic law is enough.

For buckling, the determination of the maximum load is more difficult and involves the bisection method of the Newton-Raphson algorithm. The software divides the load into steps until the critical load is approached. The last converged load-step is approximately the solution. Using the arc-length searching algorithm the real maximum could be determined but generally the difference is not relevant for design purposes.

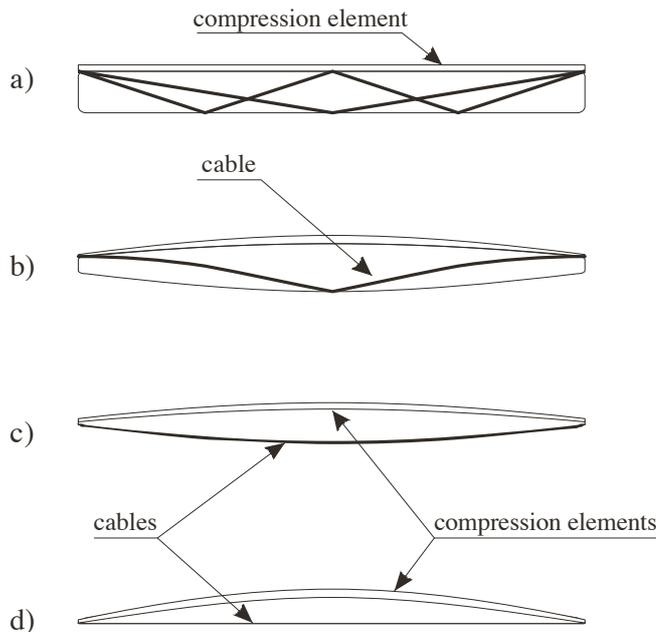


Figure 9. Shape evolution of Tensairity beams.

3 TUBE SHAPE OPTIMISATION

The cylindrical Tensairity beam consisting of a single linear compression element and two spiraled cables (Figure 1) is the simplest one, but, as it turns out, not the most efficient one. After analyzing the theoretical and numerical results it soon became clear that a good evolution margin exist in order to improve the static performance of Tensairity.

The first important aspect already mentioned before is the undesired influence of the cable on the compression element in the region of the support. Moreover, a load acting between the support and the first quarter of the beam causes large deflections, because the cable does not counteract to the load there. This problem can be overcome by adding further cables as shown in Figure 9a. However, there is still room for more improvement. The best possible shape for carrying load over a given span using compression only is the arc. Then, why not bend the compression element to that shape and adapt the membrane accordingly. The resulting cigar shape is shown in Figure 9b.

From theory it is also known that the larger the cable curvature radius the larger the cable force for a given contact force. Theoretically, the best possible curve is therefore a straight line. By degenerating the tube ends to points the cable spiral reduces to a bended line (Fig. 9c). By straightening the cable the asymmetric shape of Figure 9d results.

Indeed, a great gain in stiffness is obtained going up the evolution chain. The numerical calculation of the load-deflection curve for various Tensairity beams with 30 m span is shown in Figure 10. With identical span, slenderness and materials, the Tensairity beam of Figure 9d deflects six times less than the original topology of Figure 1 under the same load.

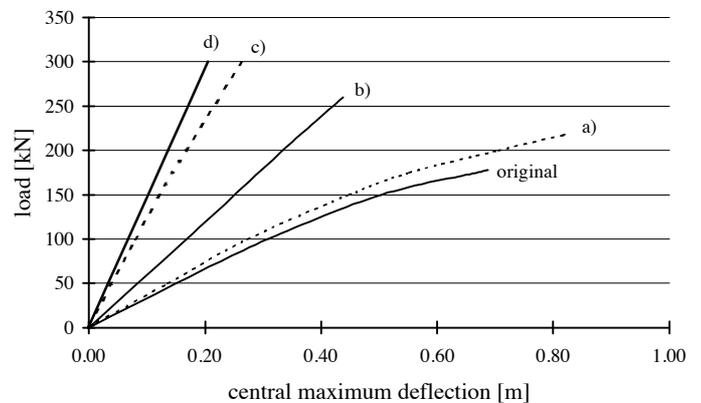


Figure 10. Load-deflection diagram for several different Tensairity topologies. All beams have the same span of 30 m and the same maximum diameter of 1.5 m.

4 APPLICATIONS

Each project has its constraints and peculiarities that require additional theoretical developments and new numerical challenges. We will show two examples where the Tensairity beams are the main supporting beams.

4.1 Exhibition Center Villa Erba

It is a exhibition center of about 3000 m² consisting of three buildings. The mandate was to design the roof structure with beams of 24 m span.

The Tensairity element, for aesthetic and architectural reasons, has a cigar shape (Figure 9b). This element poses some problems regarding the geometry of the cables. The geometry of the geodesic curve on that surface must be determined analytically, and then everything must be modeled in a CAD system. Standard CAD did not allow finding automatically the exact curve. Therefore a spline approximation was used instead.

The cable equation in parametric form is

$$\vec{X}(u, v) = \begin{cases} u \\ g(u)\cos(v) \\ g(u)\sin(v) \end{cases} \quad (1)$$

where $g(u)$ is the radius along the x-axis, u and v are the independent variables. The parametric form of the geodesic curve may be calculated (Lipschutz 1969) by substituting v with

$$v(u) = c_1 \cdot \int \frac{\sqrt{1 + \frac{dg(u)^2}{du}}}{g(u)\sqrt{g(u)^2 - c_2^2}} du \quad (2)$$

where c_1 and c_2 are constants to be determined by the boundary conditions. In our project we defined

$$g(u) = \sqrt{R_m^2 - u^2} - C \quad (3)$$

with the constants $R_m = 132.5$ m and $C = 131.75$ m. The numerically calculated curves shown in Figure 11 (MathCAD) were the input cable configuration for the subsequent FEA.

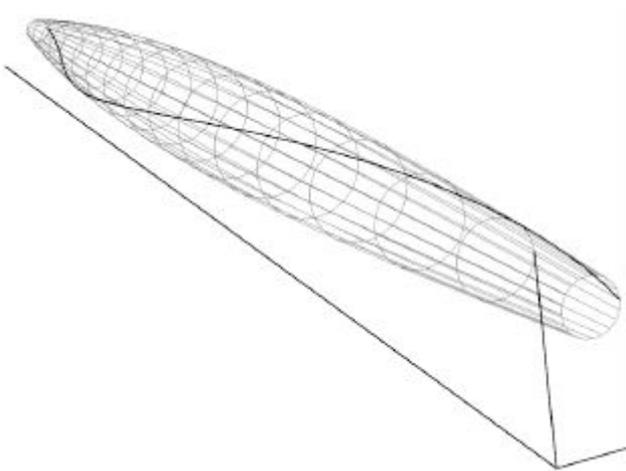


Figure 11. Geodesic curve for a cigar type Tensairity beam.

4.2 Leamouth footbridge

The project consists of a 72 m span footbridge over a river. After a modal analysis, we found the extracted modal frequencies exactly in the range of pedestrian induced dynamic loads. For that reason we performed a detailed transient analysis in order to detect eventual resonance phenomena. As mentioned before in section 2.3 friction between cables and membrane are the main damping factor in Tensairity structures. With just a friction factor of 0.3 the bridge was perfectly stable and was able to sustain even a dynamic load of 17 in sync walking pedestrians without surpassing the acceleration limit imposed by the norms (Fig. 12).

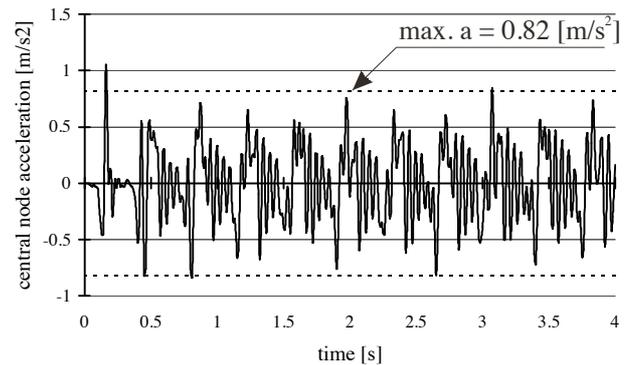


Figure 12. Transient analysis of the 72 m Tensairity footbridge.

5 CONCLUSIONS

Nowadays, innovation, not only in the field of civil engineering, appears to be almost an impossible mission. Everything seems to be already invented. But it's not true. The combination of modern technologies, professionalism and a restless brain make still fundamental innovations possible. New things can be found; the ideas can be evolved and later optimized. Numerical tools are in this evolution and optimization process very important. They help to speed up the research and finally enable the application of clever ideas to the real world. Regarding Tensairity, we have demonstrated the applicability of the concept. Deeper theoretical investigations and future developments are always in evolution.

REFERENCES

- Lipschutz, Martin M. 1969. *Differential geometry*. New York: McGraw-Hill.
- Luchsinger, R.H., Pedretti, A., Steingruber, P., & Pedretti, M. 2004. The new structural concept Tensairity: Basic principles. In A. Zingoni (ed.), *Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation*. Lisse (The Netherlands): A.A. Balkema/Swets Zeitlinger.

TENSAIRITY[®]

Dr. Mauro Pedretti *

* Airlight Ltd.

Via Croce 1, CH-6710 Biasca, Switzerland

e-mail: mauro.pedretti@airlight.biz, web page: www.airlight.biz

Key words: Tensairity, Pneumatic Structures, Lightweight, Large Span, Membrane, Fabrics, Finite Elements, Temporary Structures.

Abstract. *Tensairity is a new light weight structural concept. The key principle of Tensairity is to use low pressure air to stabilize compression elements against buckling. The basic Tensairity structure is a beam with the properties of a simple airbeam as light weight, fast set up and compact storage volume but with the load bearing capacity of conventional steel girders. Ideal applications of the Tensairity technology are wide span roof structures, temporary buildings and footbridges.*

1 INTRODUCTION

Compression: From the pyramids in Egypt, the columns of Greek temples, the arches and domes of the Romans to the gothic cathedrals of the Middle Ages, the history of civil engineering is full of astonishing buildings. The masters of these pieces relied all on the same structural principle, compression. Stones were laid on each other to build up the structure, essentially hold together by gravity. As an impressive and monumental demonstration of the power of the owner, these buildings used up incredible resources both in terms of money, material and human power. From a structural point of view, the compression principle of these buildings has a severe disadvantage: buckling. Buckling couples the load bearing capacity of a structure with its length. The longer the column, either the less load it can bear, or the larger the diameter needs to be. Larger cross sections mean more material which often cannot be utilized to the yield limit, thus a waste of resources.

Tension: On the other extreme, ancient nomadic tribes developed tent structures for their housing. Light and deployable as these shelters are, they are ideally adapted to the moving life of these autonomous peoples. Fabrics and ropes, the important elements of tent structures, rely on tension, structurally the most efficient use of a material. The load bearing capacity of e.g. a cable is independent of its length and solely determined by the material properties and the cross sectional area. Today, fabric structures have become more and more attractive, where light weight, cost efficiency, fast set up time and mobility in most cases rule out extravagance, pomposity and eternity. Fabric structures with more than hundred meter span have been built including covers for stadiums and airport halls. The design of new high tech fabrics and the ever improving computational possibilities are key factors for the progress of these tension structures in the 20th century.

Tension and compression: Where tension is, there is compression, too. Tent structures need poles. And these poles have to withstand buckling. The goal of good light weight structural engineering is to find the optimal interplay between tension and compression.

Tension and compression are evenly balanced in the new structural concept Tensairity. In combination with the extraordinary feature of buckling free compression highly efficient light weight structures can be realized based on Tensairity with a tremendous potential for applications e.g. in civil engineering.

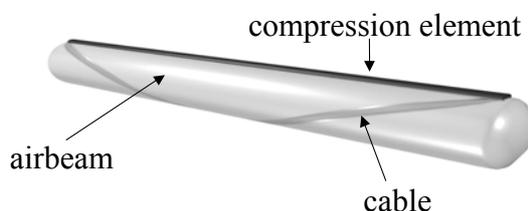


Figure 1. The basic elements of a Tensairity beam.

2 BASIC TENSAIRITY

In its most basic form, a Tensairity beam consists of a simple airbeam (a cylindrical membrane filled with pressured air), a compression element tightly connected to the airbeam and two cables running in helical form around the airbeam (Fig. 1). The cables are connected at both ends with the compression element. The basic theory of Tensairity has been described elsewhere [LUC04]. However, to understand the structural principle of Tensairity, a comparison with a truss girder is instructive (Fig. 2). The truss girder consists of a horizontal compression element with length L , vertical struts with length up to the height D and a cable which is connected at both ends with the horizontal compression element. The set-up of both structures is very similar. However, instead of the vertical struts of the truss an airbeam is fitted between cables and compression element in the Tensairity structure with important consequences.

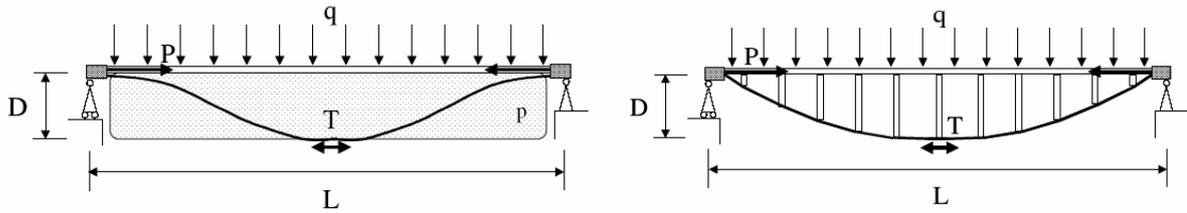


Figure 2 Tensairity girder (left) compared to a truss girder (right). Basically, the vertical struts of the truss are replaced by an airbeam in the Tensairity structure with important consequences.

Under distributed load q , the tension in the cable increases in both structures to compensate the bending moment. For slender structures ($\gamma = L/D \gg 1$), the total cable tension T has approximately the same value for the truss and the Tensairity girder [LUC04]

$$T = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L \cdot \gamma. \quad (1)$$

Due to the connection of the cables with the compression element, the cable force is transferred to the compression element, acting there as a compressive force P . The compression element becomes prone to buckling. For the truss, the buckling length of the horizontal compression element is $L/(n+1)$ for n vertical struts. The horizontal buckling load in the truss is therefore

$$P_{buckling} = (n+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L^2}. \quad (2)$$

with E the modulus of elasticity and I the moment of inertia of the compression element. The buckling load decreases with the inverse square of the span and is therefore strongly span dependent. In general, the buckling load is much smaller than the yield load meaning an

inefficient use of the material and extra weight for the compression element. The situation is analogue for the vertical struts which are also prone to buckling and therefore not used in the most efficient way. By increasing the number of vertical struts, the buckling length of the horizontal compression element decreases. However, the resulting decrease in weight of the horizontal compression element needs to be carefully balanced with the increase in weight given by the added vertical struts. Even in the optimal case, the dimension of all elements under compression is determined by buckling restrictions and thus the truss is not the most efficient structure.

The situation of the compression element is different in the case of Tensairity. The compression element is tightly connected with the membrane of the airbeam. Instead of the n supports of the truss, the compression element of Tensairity is continuously supported by the membrane. In fact, the membrane acts as a continuous elastic support for the compression element. The stiffness of this support is determined by the membrane stress, which itself is proportional to the overpressure inside the membrane tube. The different situations for the compression element in the truss and in Tensairity are shown in Figure 3. From the theory of beams on an elastic foundation, the buckling load is given by [SZA77].

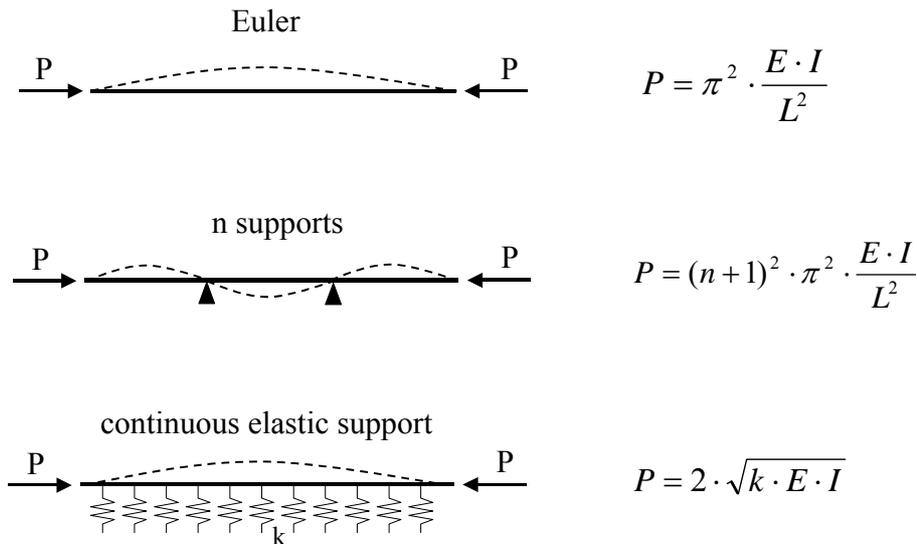


Figure 3. Buckling load of beams under different conditions.

The situation with n supports is found in the truss. The continuous elastic support reflects the situation of the compression element in Tensairity. The buckling load is independent of the length for the continuous elastic support

$$P = 2 \cdot \sqrt{k \cdot E \cdot I} . \quad (3)$$

with the spring constant k of the elastic foundation, the modulus of elasticity E and the

moment of inertia I of the compression element. Thus, in Tensairity the buckling load of the compression element is independent of the span of the beam. In Tensairity structures the spring constant depends on the overpressure p of the airbeam and is given by [LUC04]

$$k = \pi \cdot p. \quad (4)$$

and the buckling load of the Tensairity compression element is therefore

$$P_{buckling} = 2 \cdot \sqrt{\pi \cdot p \cdot E \cdot I}. \quad (5)$$

A proper choice of the moment of inertia for a given material and overpressure results in a buckling load which can be higher than the yield load and the yield load becomes the limiting factor of the compression element. This is what we call buckling free compression. Tension and compression can be used with the same efficiency. Together with the tensioned membrane, all components of a Tensairity beam can be stressed to the yield limit leading to the interesting light weight properties of the technology. Therefore, Tensairity beams can be by factors lighter than conventional girders with identical span and identical maximal load [LUC04]. The air overpressure is a very important quantity in Tensairity. To estimate the optimal pressure, the interaction between the cable and the membrane must be studied. Under load, the cables press into the membrane leading to a normal force on the cable analogue to the normal force on the compression element by the elastic support of the membrane. The cable tension is the product of this normal force with the curvature of the helical cable. Since the normal force depends on the pressure, a relation between cable tension and pressure is established and with Eq. 1, external load and pressure are related. Given a load per area q_a as common e.g. in roof structures, the overpressure p is given by [LUC04]

$$p = \frac{\pi^2}{2} \cdot q_a. \quad (6)$$

For example a pressure of $p = 5 \text{ kN/m}^2$ (50 mbar) results for a uniform load of $q_a = 1 \text{ kN/m}^2$. As a very important feature of Tensairity the overpressure is independent of the span of the structure. The overpressure of a simple cylindrical airbeam (pressurized fabric tube without any struts or cables) to

$$p = \frac{2}{\pi} \cdot q_a \cdot \gamma^2. \quad (7)$$

With the square of the slenderness the pressure of the simple airbeam strongly depends on the beam form. For slender structures ($\gamma \cong 30$) the pressure in the simple airbeam needs to be more than a factor 100 higher than the pressure in a Tensairity structure to withstand the same load. Thus the load bearing capacity of simple airbeams is very limited and either a high

pressure or a clumsy form is needed for reasonable applications. This difference reflects the fact that the role of the overpressure is very different in Tensairity and in the simple airbeam. In Tensairity, the load is carried by the cables and the compression element with the air used to pretension the cables and to stabilize the compression element. In the simple airbeam, the compressed air together with the pretensioned membrane is itself the load carrying structure. The pressure of Tensairity structures ranges from 50 mbar to a few 100 mbar depending on the application. Given this pressure range, Tensairity opens up a new interesting field for pneumatic structures between the airhouses with an overpressure of a few mbar and simple air beams with an overpressure of a few bar.

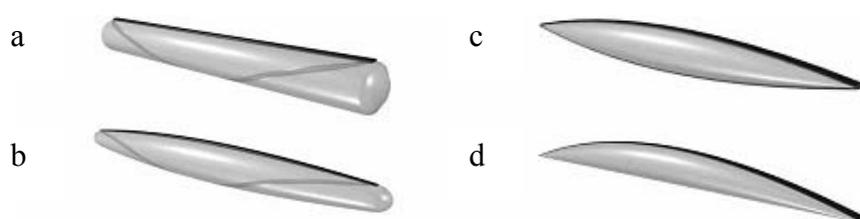


Figure 4. Various forms of Tensairity beams: (a) cylinder, (b) cigar-shaped, (c) symmetric spindle-shaped and (d) asymmetric spindle-shaped.

The Tensairity beam of Figure 1 has a cylindrical form. Other forms based on a circular cross section are possible, too. We have investigated various beam shapes by means of finite element calculations [PED04a]. As it turns out, a cigar-shaped geometry (Fig. 4b) is better adapted to the structural demands than the cylindrical form (Fig. 4a). Membrane material can be saved and the beam is stiffer. The spindle-shaped geometry (Fig. 4c-d), where the tube end converges to a point, is the stiffest configuration. In this case, the geodesic spiral of the cable degenerates to a straight line and the cable can be replaced by a tension rod. Given these advantages, many Tensairity applications will be based on cigar- or spindle-shaped tubes [PED04b].

3 TENS AIRITY DEMONSTRATION BRIDGE

As a first demonstration of the power of Tensairity we built a small car bridge with 8 m span and 3.5 tons maximal load (Fig. 5). The supporting structure of the bridge is given by two parallel cylindrical Tensairity beams with a diameter of 50 cm each. The membrane of the Tensairity beam is standard PVC coated polyester fabric. Steel cables with 6 mm diameter were used. Due to the moving local load of the car, an extra set of cables winding twice around the tube is added to stiffen the structure in the first and last quarter of the bridge. The compression element is made of a carbon sandwich for demonstration and test purposes. Aluminum or steel would have worked equally well. The two Tensairity beams are covered with wood plates to drive on. These plates do not have any structural function. The working pressure in the tubes as shown in Figure 5 was 400 mbar. Each complete Tensairity beam weights 40 kg. The weight of a HEB steel girder with the same load bearing capacity is 370

kg. A simple air beam with the same dimensions would need a pressure of almost 15 bar for the same load bearing capacity.



Figure 5. Tensairity demonstration bridge with 8 m span and 3.5 tons maximal load.

The design of the bridge was done in two steps. In a first step, the dimensions of all components were calculated based on our analytical model [LUC04]. In a second step, the bridge was modeled with FEM for fine tuning of the structure. The commercial software ANSYS 7.1 was used [PED04a]. The mesh model of a single 8 m Tensairity beam as well as the calculated longitudinal stress of the membrane are shown in Figure 6.

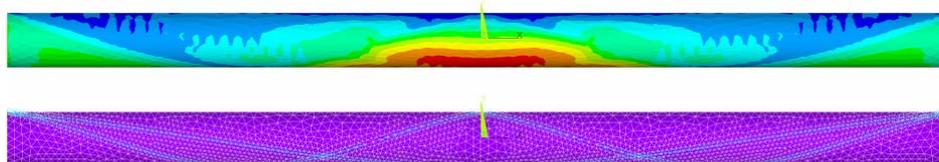


Figure 6. FE analysis of the 8 m Tensairity beam. The mesh (top) and the calculated longitudinal membrane stress (bottom) are shown.

Next to the light weight property, the fast and easy set up of Tensairity structures is an other important advantage. Assembling of the Tensairity beams of the bridge is very easy. The membrane has to be rolled out, the compression element stuck together and connected with the membrane in this case by means of a keder. In the next step, the cables are positioned and connected with the compression element. Finally, air is pumped into the membrane and the Tensairity beam is complete. The beam can be designed such that no screws or rivets are needed for the assembling allowing a very fast set up. The dismantled Tensairity beam of the bridge can be compactly stored and easy transported. Membrane and cables can be rolled together. We have also performed ultimate load tests with the Tensairity beams of the demonstration bridge. A frame was constructed to fix the Tensairity beam while it was put under load by means of a hydraulic piston. Two cases were investigated: a central load in the

middle of the structure and a load at one quarter of the structure (Fig. 7, left). At the central position we were not able to break down the structure due to the limited extension of the piston. However, the maximal applied load was 30 kN. The beam operated still in a completely elastic range as all deformations were reversible by unloading of the structure.



Figure 7. Limiting load test of the Tensairity beam with 8 m span. Deformation of the beam at the maximal applied load of 35 kN shortly before failure (left). Shear failure of the compression element (right).

The measured deformation of the beam for a given load at the quarter position is shown in Figure 8. A maximal load of 35 kN was determined. Slightly above 35 kN, the compression element failed due to the high shear forces at the end of the wooden beam used to distribute the high local forces of the hydraulic piston (Fig. 7, right). The membrane remained intact during failure and the airbeam was still air tight. Thus, the Tensairity beam still had a significant load bearing capacity after failure.

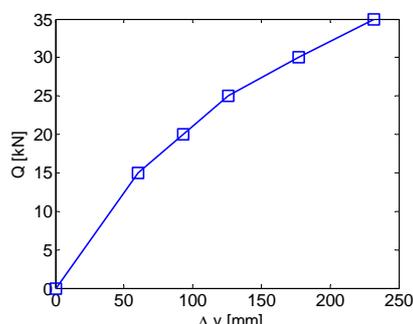


Figure 8. Measured load versus deflection at the piston for the Tensairity beam with 8 m span from the demonstration bridge. The data is for the load at the quarter position (Fig. 7, left).

The experimentally investigated ultimate load of the Tensairity beam was close to the theoretically estimated value. An other important lesson learnt from these tests is, that the limit of the Tensairity structure seems to be predictable. The Tensairity test bridge fulfilled all the expectations of this new technology. It clearly demonstrates that real loads can be carried by Tensairity with low structural weight and small overpressure. The basic Tensairity concept of pressure induced stabilization of compression elements has been confirmed. Theory, FE-analysis and the experimental model are in good agreement proofing the soundness of the technology.

4 CONCLUSIONS

The historical evolution from compression towards tension, from heavy to light is by no means completed. Tensairity seeks the stable balance between tension and compression by eliminating the disadvantages of compression. This is made possible through introduction of the new mediating structural element air. Light weight, efficiency, functionality and other important properties arise from this revolutionary combination. Given this excellent properties Tensairity is ideally suited for deployable applications as large tents, seasonal covers for tennis courts and swimming pools, scaffolds or temporary bridges. Wide span roof structures can take profit of the excellent light weight properties of Tensairity. New design opportunities e.g. fascinating illuminations due to the translucency of the membrane make Tensairity very attractive for modern architecture [PED04b] and can lead to a new formal language. Other interesting fields for Tensairity might be aviation or spaceflight, the spectrum of possible applications of this fundamental new structure is almost not limited. Above all, light weight structures mean a sensible and intelligent dealing with the resources of this planet. Tensairity has a tremendous potential for reaching this goal.

REFERENCES

- [FUL75] R.B. Fuller (1975), *Synergetics*. New York: MaxMillan.
- [LUC04] R.H. Luchsinger, A. Pedretti, P. Steingruber and M. Pedretti (2004), *The new structural concept Tensairity: Basic Principles*, A. Zingoni (ed.), Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Lisse (The Netherlands): A.A. Balkema/Swets Zeitlinger, accepted.
- [PED04a] A. Pedretti, P. Steingruber, M. Pedretti and R.H. Luchsinger (2004), *The new structural concept Tensairity: FE-modeling and applications*, A. Zingoni (ed.), Proceedings of the Second International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation. Lisse (The Netherlands): A.A. Balkema/Swets Zeitlinger, accepted.
- [PED04b] M. Pedretti, A. Pedretti, P. Steingruber and R.H. Luchsinger (2004), *First applications of Tensairity®*. This volume.
- [SZA77] I. Szabo (1977), *Höhere Technische Mechanik*. Berlin: Springer.

**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO VII:
Medidas correctoras de
impacto ambiental**

ÍNDICE

1. Objetivos	2
2. Descripción del medio	2
3. Impactos directos sobre el medio	4
3.1. Impactos sobre la población	4
3.2. Impacto paisajístico	4
3.3. Impacto físico	4
3.4. Impacto sobre los servicios y equipamientos urbanos.....	4
3.5. Impacto económico	4
3.6. Impactos ligados al periodo temporal de duración de la obra	5
4. Medidas correctoras	5

1. Objetivos

El presente anejo presenta una serie de objetivos a desarrollar:

- ✓ Identificar y describir las repercusiones ambientales derivadas de la construcción y servicio de la nueva pasarela peatonal.
- ✓ Establecer las medidas correctoras que permitan el restablecimiento de las condiciones iniciales o la disminución de los efectos adversos hasta niveles tolerables compatibles con los usos del entorno debidos a su carácter paisajístico y ecológico.
- ✓ Aportar criterios de diseño y proponer soluciones que permitan anular o reducir impactos con el fin de conseguir la mejor integración de la obra en su entorno visual y ecológico.

2. Descripción del medio

Con el fin de seguir unas directrices de actuaciones ambientales, durante el diseño y construcción del PMT-UPC se creó el "Pla ambiental del Parc Tecnològic de la Mediterrània". En este sentido se generó la laguna de la "Olla del Rei", un nuevo espacio consistente en una laguna de laminación dentro del campus como ejemplo de la posibilidad de hacer compatible la actividad humana con la preservación de valores naturales de un espacio representativo del ecosistema deltaico mediterráneo.

La laguna de laminación del PMT-UPC es el elemento principal donde se desarrolla toda la fauna y flora de la zona. Tiene unas características que la hacen ser muy parecida a los humedales, siendo una zona que queda inundada durante todo el año y las aguas que la componen están estancadas. A parte de las aguas de lluvia también recibe las del freático. Las funciones que cumple esta laguna son las siguientes:

- ✓ Tiene un valor paisajístico que hace que se haya convertido en un nuevo espacio natural dentro de una zona urbanizada y en una zona muy cercana donde está el Delta del río Llobregat (localizado en el extremo sur) y desde hace tiempo hay un ambiente de características similares.
- ✓ Al haberse generado este nuevo espacio, es un medio para la nidificación de aves ya que también les proporciona refugio y alimento. De esta forma distintas

especies ya se han instalado en este espacio. Al estar situado cerca del Delta del Llobregat también lo está de la ruta migratoria de la Mediterránea Occidental, ruta que siguen muchas aves europeas en su migración, y les ofrece un sitio donde descansar y alimentarse. Además, está situado en un punto medio entre el Delta del Ebro y los “Aiguamolls de l’Empordà”.

- ✓ A parte de la función medioambiental, la laguna de laminación tiene también la función de recoger las aguas de lluvia que provienen del campus, mediante un sistema de escorrentía superficial que dirige las aguas hacia ella aprovechando las pendientes del terreno. También recibe las aguas pluviales del propio municipio de Castelldefels (a través de las corredoras) en caso de lluvias intensas, ya que los canales que recogían el agua que descendía de las montañas del Garraf eran insuficientes para canalizarla toda hacia el mar. Los canales, en el caso de rebosar, vacían el exceso de agua al interior de la cubeta de la laguna consiguiendo de esta forma el efecto de laminación, es decir, la reducción del caudal de agua que circula por ellos mediante el almacenamiento temporal en la laguna.

Es por todos estos motivos que la zona debe protegerse frente a cualquier acción externa, y en caso de ser necesaria, llevar a cabo las medidas necesarias para atenuar su impacto.



Figura 1. Especies presentes en la laguna de laminación del PMT-UPC

3. Impactos directos sobre el medio

Existen varios tipos de impactos directos sobre el medio, los cuales se comentan a continuación:

3.1. Impactos sobre la población

Cualquier cambio sobre un medio puede provocar el rechazo de la población, así que es un factor a tener en cuenta.

3.2. Impacto paisajístico

Partiendo de que la calidad paisajística de una zona urbana se basa en zonas verdes y espacios abiertos, uno se da cuenta de que una pasarela para peatones, por muy moderna que sea siempre quitará visión y espacio de zona verde. Por tanto se considera que la pasarela produce un impacto paisajístico moderado-bajo aunque también se mejoren muchas otras cosas como puede ser la calidad de vida de los usuarios de la zona y la comunicación con el campus.

3.3. Impacto físico

Se pueden diferenciar tres tipos: impacto acústico, vibraciones y polvo. En el caso particular de nuestra pasarela no se prevén afectaciones importantes en este sentido.

3.4. Impacto sobre los servicios y equipamientos urbanos

Son los efectos producidos sobre vías de circulación y servicios para una nueva construcción o una rehabilitación de una construcción ya existente. En nuestro caso no existen estas afectaciones.

3.5. Impacto económico

Es importante tener conocimiento de los efectos de la implantación de esta estructura. Resulta evidente que la implantación de una pasarela produce un incremento de la actividad económica en la zona puesto que se abren más posibilidades de comunicación para los vecinos.

3.6. Impactos ligados al periodo temporal de duración de la obra

Se debe analizar detenidamente el proyecto para poder evaluar las consecuencias que este produce durante su ejecución y buscar alternativas para minimizar los impactos producidos por la obra. Debido al carácter de despliegue rápido de este tipo de puentes Tensairity®, se prevé que la afectación temporal de la zona sea bastante reducida.

4. Medidas correctoras

El objeto de este apartado es el de dar a conocer las soluciones que se deben tener en cuenta con la finalidad de minimizar los efectos nocivos que la realización de la obra tiene sobre su entorno.

Se tomarán una serie de medidas correctoras generales del proyecto durante la fase de construcción, mientras que no se tomarán medidas correctoras específicas por la inexistencia de impactos a componentes valiosos ambientales de la zona de estudio:

- ✓ Desarrollo y realización de un programa educativo para los trabajadores del proyecto, de forma que se les informe sobre las medidas correctoras que se aplicarán y para conocer el papel de los trabajadores a la hora de ejecutar estas medidas.
- ✓ Consultar y coordinar a todas las partes implicadas. Los criterios específicos a utilizar se deben finalizar únicamente después de consultar y coordinar con las partes implicadas.
- ✓ Realizar medidas de protección ambiental general, relacionadas con la fase de construcción. Entre estas medidas se incluye la de limitar las alteraciones del suelo a las mínimas necesarias con el fin de completar de forma eficiente las actividades.
- ✓ Informar al personal de supervisión de la construcción sobre los problemas ambientales, legislación y normativa vigentes y especificaciones de diseño finales.
- ✓ Mantener un control y vigilancia sobre las medidas correctoras establecidas.
- ✓ Gestionar los residuos generados en obra. Se controlará en todo momento que los residuos producidos sean recogidos en uno o varios puntos donde habrá una zona

específica para cada tipo de material. Estos materiales serán retirados cuando sea necesario y llevados a su correspondiente vertedero.

- ✓ Limpiar rápidamente los vertidos o pérdidas que puedan suceder.
- ✓ Se realizará un seguimiento de la gestión de residuos generados en la obra de forma que se cumpla lo establecido en la Ley 6/1993, de 15 de julio, reguladora de residuos.
- ✓ Contaminación por polvo: para proteger la calidad del aire en la obra y garantizar que sea adecuada se tomará como medida correctora el riego periódico de los caminos de circulación y acceso a la obra.
- ✓ Contaminación acústica: evitar las actividades de construcción en emplazamientos sensibles durante periodos sensibles. Los trabajos se realizarán en la franja horaria que se estime de menor impacto.
- ✓ Contaminación acústica: usar y mantener los tubos de escape de los vehículos y equipos para la construcción según las instrucciones del fabricante. La maquinaria a utilizar deberá tener todas las revisiones pasadas cumpliendo con la ley vigente.
- ✓ Vibraciones: para minimizar el efecto de las vibraciones, la maquinaria deberá tener todas las revisiones pasadas cumpliendo con la ley vigente.
- ✓ Desarrollar y realizar un plan de emergencia para las acciones específicas del proyecto para poder hacer frente rápidamente y con efectividad a accidentes, incendios, explosiones, vertidos de residuos peligrosos y tóxicos, o hechos similares.

**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO VIII:
Estudio de
seguridad y salud**

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

1.8.1. Memoria

1.8.2. Planos

1.8.3. Pliego de prescripciones técnicas particulares

1.8.4. Presupuesto

Documento n° 1:
Memoria y anejos
ANEJO VIII: Estudio de
seguridad y salud
Memoria

ÍNDICE

1. Introducción	2
1.1. Objeto y alcance del estudio de seguridad y salud	2
1.2. Justificación	2
1.3. Características de la obra	3
1.3.1. Descripción de la obra	3
1.3.2. Presupuesto de ejecución material del proyecto	3
1.3.3. Plazo de ejecución y actividades derivadas	3
2. Evaluación de riesgos y su prevención.....	3
2.1. Principales unidades de obra	4
2.1.1. Montaje de la estructura y superestructura de la pasarela	4
2.1.2. Trabajos con instalaciones eléctricas	5
2.2. Maquinaria empleada en la realización de los trabajos	6
2.2.1. Compresor	6
2.2.2. Camiones	7
2.2.3. Camión grúa	9
2.2.4. Herramientas manuales y otras	11
3. Servicios sanitarios y comunes	11
3.1. Servicio médico	11
3.2. Botiquín de obra	11
3.3. Instalaciones de higiene y bienestar.....	12
3.4. Formación e información	12
4. Documentación Administrativa.....	12
5. Conclusión	14

1. Introducción

1.1. Objeto y alcance del estudio de seguridad y salud

Este estudio tiene como objetivos establecer las directrices básicas respecto a la prevención de riesgos de accidentes laborales, enfermedades profesionales y daños a terceros, que los distintos trabajos y medios que inicialmente se estiman necesarios para la ejecución total de la obra puedan ocasionar. Asimismo se estudian las instalaciones de sanidad, higiene y bienestar de los trabajadores durante la construcción de las obras, todo ello en el cumplimiento de las disposiciones oficiales vigentes (R.D. 1627/1997, de 24 de octubre).

Dicho estudio servirá, durante la construcción de la obra *“PUENTE TENSAIRITY® PARA PASARELA PEATONAL EN EL PMT-UPC DE CASTELLDEFELS”* para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, bajo el control de la dirección facultativa.

1.2. Justificación

En el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, se establece la obligatoriedad de la inclusión de un estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes (Artículo 4.1):

- a) Que el presupuesto de ejecución por Contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 €.
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores de la obra, sea superior a 500.
- d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

1.3. Características de la obra

1.3.1. Descripción de la obra

Autor del proyecto: Carles Estruch i Tena

Tipología de la obra: la obra civil a ejecutar corresponde a la ejecución de una pasarela peatonal mediante la novedosa tecnología neumática Tensairity®

Situación: PMT-UPC de Castelldefels (Barcelona)

Comunicaciones: a pie desde cualquier punto de las cercanías

1.3.2. Presupuesto de ejecución material del proyecto

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) estimado de referencia por este proyecto, excluida la Seguridad y Salud complementaria, Gastos Generales y Beneficio Industrial, es de 110.346,56 € (CIENTO DIEZ MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CENTIMOS).

1.3.3. Plazo de ejecución y actividades derivadas

El plazo estimado de duración de los trabajos de ejecución de la obra es de 12 días.

Estas obras dan lugar a que se realicen las siguientes actividades para su ejecución:

- ✓ Replanteo general
- ✓ Montaje y colocación de estructura de madera
- ✓ Construcción de la superestructura de la pasarela (tablero, barandillas...)
- ✓ Trabajos con instalaciones eléctricas (máquinas corte, soldadura, motores...)
- ✓ Realización de la prueba de carga estática y dinámica

2. Evaluación de riesgos y su prevención

El estudio evaluativo de los riesgos potenciales existentes en cada fase de las actividades constructivas o por conjuntos de tajos de la obra proyectada, se lleva a cabo mediante la detección de necesidades preventivas en cada una de dichas fases, a través del análisis

del proyecto, de sus diseños y definiciones, sus previsiones técnicas y de la formación de los precios de cada unidad de obra, así como de las prescripciones técnicas contenidas en su Pliego de Condiciones.

El resumen del análisis de necesidades preventivas se desarrolla en las páginas anexas, mediante el estudio de las actividades y tajos del proyecto, la detección e identificación de riesgos y condiciones peligrosas en cada uno de ellos y posterior selección de las medidas preventivas correspondientes en cada caso. Se señala la realización previa de estudios alternativos que, una vez aceptados por el autor del proyecto de construcción, han sido incorporados al mismo, en cuanto que soluciones capaces de evitar riesgos laborales.

La evaluación resumida en las siguientes páginas se refiere, obviamente, a aquellos riesgos o condiciones insuficientes que no han podido ser resueltas o evitadas totalmente antes de formalizar este Estudio de Seguridad y Salud.

A partir del análisis de las diferentes fases y unidades de obra proyectadas, se construyen las fichas de tajos y riesgos que no han podido ser evitados en proyecto y sobre los que es preciso establecer las adecuadas previsiones para la adopción de las medidas preventivas correspondientes, tal y como se detalla a continuación.

2.1. Principales unidades de obra

2.1.1. Montaje de la estructura y superestructura de la pasarela

Descripción de la unidad de obra:

Corresponde al montaje en obra de las vigas Tensairity® (unión del tubo, elemento de tracción y compresión), así como de toda la superestructura de la pasarela y las estructuras de apoyo en madera (vigas transversales, tablero y barandillas).

Identificación de los principales riesgos:

- ✓ Caída de operarios al mismo nivel
- ✓ Golpes o choques contra objetos
- ✓ Cortes y lesiones en manos por manejo de objetos con aristas cortantes o herramientas manuales
- ✓ Erosiones y contusiones en manipulación de materiales

- ✓ Lumbalgias por sobreesfuerzos, posturas inadecuadas
- ✓ Los derivados de trabajos en zonas húmedas o mojadas y resbaladizas

Protecciones individuales:

- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Botas de seguridad
- ✓ Guantes de lona
- ✓ Faja de protección de zona lumbar

2.1.2. Trabajos con instalaciones eléctricas

Descripción de la unidad de obra:

Corresponden a ésta unidad de obra todos los trabajos relacionados con el desconexión y trabajo con líneas de alimentación eléctricas, así como en trabajos de montaje y conexión de nuevas líneas eléctricas. En este caso las instalaciones corresponderán a las auxiliares para la realización de la obra.

Igualmente se considera el trabajo en taller con la máquina de corte de patrones y la máquina de soldadura, así como el trabajo con los compresores de hinchado de los tubos de las vigas Tensairity®.

Identificación de los principales riesgos:

- ✓ Contactos eléctricos directos
- ✓ Contactos eléctricos indirectos
- ✓ Lesiones y/o cortes en manos y/o pies
- ✓ Quemaduras
- ✓ Sobreesfuerzos
- ✓ Choques o golpes contra objetos

Protecciones individuales:

- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Botas de seguridad
- ✓ Botas dieléctricas
- ✓ Guantes de lona o piel

- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Guantes dieléctricos
- ✓ Faja de protección lumbar

2.2. Maquinaria empleada en la realización de los trabajos

2.2.1. Compresor

Identificación de los principales riesgos:

- ✓ Vuelco
- ✓ Atrapamiento entre objetos
- ✓ Ruido
- ✓ Rotura de manguera a presión
- ✓ Contactos con la energía eléctrica
- ✓ Proyección de objetos y/o partículas

Medidas preventivas:

- ✓ El arrastre directo para ubicación del compresor por los operarios, se realizará a una distancia nunca inferior a los 2 m del borde de coronación de cortes y taludes, en prevención del riesgo de desprendimiento de la cabeza del talud por sobrecarga.
- ✓ El compresor a utilizar en obra quedará en estación con la lanza de arrastre en posición horizontal, con las ruedas sujetas mediante tacos antideslizamientos. Si la lanza de arrastre carece de rueda o de pivote de nivelación se le adaptará mediante un suplemento firme y seguro.
- ✓ Las carcasas protectoras estarán siempre en posición de cerradas
- ✓ Siempre que sea posible se utilizarán compresores silenciosos. Cuando no sea así se advertirá el alto nivel sonoro en la zona alrededor del compresor
- ✓ Se revisarán periódicamente las mangueras en previsión de reventones.
- ✓ El engrase debe hacerse con precaución, ya que un exceso de grasa o de aceite puede ser, por elevación de temperatura, capaz de provocar su inflamación, pudiendo ser origen de una explosión.
- ✓ El filtro de aire se revisará periódicamente

- ✓ La válvula de seguridad no debe regularse a una presión superior a la efectiva de utilización. Este reglaje debe efectuarse frecuentemente.
- ✓ Estarán dotados, en el caso de motores eléctricos, de toma de tierra y en caso de motores de gasolina de cadenas, para evitar la acumulación de corriente estática.
- ✓ Debe proveerse de un sistema de bloqueo para detener el aparato. Todas las máquinas deberán llevar un sistema de bloqueo de mandos, de tal forma que no puedan ser manejadas por personas ajenas a la misma. El modo más simple es afianzarlo con un sistema de candado, cuya llave la deberá poseer la persona destinada al manejo de éstas.
- ✓ Si el motor está provisto de batería, que es lo usual, hay que tener en cuenta los siguientes riesgos, no solo en compresores, sino en cualquier maquinaria con batería:
 - El personal que manipule baterías deberá utilizar gafas protectoras.
 - En las proximidades de las baterías se prohíbe fumar y encender fuego.
 - Utilizar herramientas aislantes con el fin de evitar cortocircuito.
 - Siempre que sea posible se emplearán baterías blindadas que lleven los bornes intermedios totalmente cubiertos.
 - Cuando se pretenda arrancar una máquina con la batería descargada utilizando otra batería conectada a la primera, se cuidará que la conexión de los polos sea del mismo signo y que la tensión de la batería sea idéntica.

2.2.2. Camiones

Identificación de los principales riesgos:

- ✓ Atropellos o golpes a personas por los vehículos en movimiento
- ✓ Deslizamientos y/o vuelcos de vehículos sobre planos inclinados del terreno
- ✓ Vehículos sin control, por abandono del conductor sin desconectar ni poner frenos
- ✓ Caídas de personas desde la cabina de los tractores
- ✓ Choques de vehículos con otros o con máquinas
- ✓ Plataformas y escaleras de subida a la cabina deslizantes
- ✓ Contacto con líneas eléctricas aéreas o enterradas

- ✓ Atrapamientos por útiles o transmisiones
- ✓ Quemaduras en trabajos de reparación o mantenimiento
- ✓ Golpes o proyecciones de materiales transportados o en su carga
- ✓ Exposición a elevados niveles de ruido
- ✓ Vibraciones transmitidas por el vehículo
- ✓ Exposición a ambientes pulvígenos
- ✓ Embarramientos en charcos o blandones del terreno

Medidas preventivas:

- ✓ El acceso y circulación interna de camiones en la obra se efectuará tal y como se describa en los planos del Plan de Seguridad y Salud de la obra.
- ✓ Las operaciones de carga y de descarga de los camiones, se efectuarán en los lugares señalados en planos para tal efecto.
- ✓ Todos los camiones dedicados al transporte de materiales para esta obra, estarán en perfectas condiciones de mantenimiento y conservación.
- ✓ Antes de iniciar las maniobras de carga y descarga del material, además de haber sido instalado el freno de mano de la cabina del camión, se instalarán calzos de inmovilización de las ruedas, en prevención de accidentes por fallo mecánico.
- ✓ El ascenso y descenso de las cajas de los camiones se efectuará mediante escalerillas metálicas fabricadas para tal menester, dotadas de ganchos de inmovilización y seguridad.
- ✓ Las maniobras de carga y descarga mediante plano inclinado, serán gobernadas desde la caja del camión por un mínimo de dos operarios mediante soga de descenso. En el entorno del final del plano no habrá nunca personas, en prevención de lesiones por descontrol durante el descenso.
- ✓ El colmo máximo permitido para materiales sueltos no superará la pendiente ideal del 5% y se cubrirá con una lona, en previsión de desplomes.
- ✓ Las cargas se instalarán sobre la caja de forma uniforme compensando los pesos, de la manera más repartida posible.
- ✓ El gancho de la grúa auxiliar, si existe, estará siempre dotado de pestillo de seguridad.
- ✓ A las cuadrillas encargadas de la carga y descarga de los camiones, se les hará entrega de la siguiente normativa de seguridad:

- ✓ El maquinista deberá utilizar guantes o manoplas de cuero para evitar pequeñas lesiones molestas en las manos.
- ✓ El maquinista deberá emplear botas de seguridad para evitar atrapamientos o golpes en los pies.
- ✓ El acceso a los camiones se realizará siempre por la escalerilla destinada a tal fin.
- ✓ El maquinista cumplirá en todo momento las instrucciones del jefe de equipo.
- ✓ Quedará prohibido saltar al suelo desde la carga o desde la caja si no es para evitar un riesgo grave. Puede en el salto sufrir lesiones en los talones (lesión grave).
- ✓ A los conductores de los camiones, cuando traspasen la puerta de la obra se les entregará la siguiente normativa de seguridad (para visitantes):
 - “Atención, penetra usted en una zona de riesgo, siga las instrucciones del señalista. Si desea abandonar la cabina del camión utilice siempre el casco de seguridad que se le ha entregado al llegar junto con esta nota. Circule únicamente por los lugares señalizados hasta llegar al lugar de carga y descarga. Una vez concluida su estancia en la obra, devuelva el casco al salir. Gracias.”
- ✓ Diariamente, antes del comienzo de la jornada, se inspeccionará el buen funcionamiento de motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, bocinas, neumáticos, etc. en prevención de los riesgos por mal funcionamiento o avería.
- ✓ La carga del camión se regará superficialmente para evitar posibles polvaredas.
- ✓ Los caminos de circulación interna para el transporte de tierras serán los que se marquen en los planos del Plan de Seguridad y Salud de la obra.
- ✓ Tal y como se indicará en los planos del Plan de Seguridad y Salud, se establecerán fuertes topes de final de recorrido, ubicados a un mínimo de dos metros del borde de los taludes, en prevención del vuelco y caída durante las maniobras de aproximación para vertido.

2.2.3. Camión grúa

Identificación de los principales riesgos:

- ✓ Estación y apoyo en terreno inconsistente sin tablonos de reparto
- ✓ Carencia o uso inadecuado de calzos inmovilizadores o gatos estabilizadores
- ✓ Carencia de pestillos de seguridad en ganchos o aparejos
- ✓ Superación de la carga máxima admisible dada por el fabricante
- ✓ Operaciones con cargas suspendidas sobre personas o sin visibilidad del gruista
- ✓ Golpes o roturas de cables por arrastre de cargas o tirones sesgados
- ✓ Estacionamiento o apoyo a menos de dos metros de bordes de excavaciones
- ✓ Golpes o atrapamientos por situarse a menos de 5 metros de la máquina
- ✓ Atropellos en operaciones de marcha atrás sin señalista
- ✓ Abandono de la grúa con la carga suspendida
- ✓ Acceso de personas ajenas a la máquina
- ✓ Izado de cargas con anclajes o ataduras a la estructura o a otras cargas
- ✓ Caída de materiales por sujeciones inadecuadas de la carga

Medidas preventivas:

- ✓ Siempre se colocarán calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y en los gatos estabilizadores, antes de iniciar las maniobras de carga que, como las de descarga, serán siempre dirigidas por un especialista.
- ✓ Todos los ganchos de cuelgue, aparejos, balancines y eslingas o estribos dispondrán siempre de pestillos de seguridad.
- ✓ Se vigilará específicamente que no se sobrepasa la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión.
- ✓ El gruista tendrá siempre a la vista la carga suspendida y, si ello no fuera posible en alguna ocasión, todas sus maniobras estarán dirigidas por un señalista experto.
- ✓ Estará terminantemente prohibido realizar arrastres de la carga o tirones sesgados de la misma.
- ✓ El camión grúa nunca deberá estacionar o circular a distancias inferiores a los dos metros del borde de excavaciones o de cortes del terreno.
- ✓ Se prohibirá la permanencia de personas alrededor del camión grúa a distancias inferiores a 5 metros del mismo, así como la permanencia bajo cargas en suspensión.

- ✓ El conductor tendrá prohibido dar marcha atrás sin la presencia y ayuda de un señalista, así como abandonar el camión con una carga suspendida.
- ✓ No se permitirá que persona alguna ajena al operador acceda a la cabina del camión o maneje sus mandos.
- ✓ En las operaciones con camión grúa se utilizará casco de seguridad (cuando el operador abandone la cabina), guantes de cuero y calzado antideslizante.

2.2.4. Herramientas manuales y otras

Medidas preventivas:

- ✓ Se utilizarán sólo en aquellas operaciones para las que han sido concebidas y se revisarán siempre antes de su empleo, desechándose cuando se detecten defectos en su estado de conservación.
- ✓ Las herramientas se mantendrán siempre limpias de grasa u otras materias deslizantes y se colocarán siempre en los portaherramientas o estantes adecuados, evitándose su depósito arbitrario o su abandono en cualquier sitio o por los suelos.
- ✓ En su manejo se utilizarán guantes de cuero o de P.V.C. y botas de seguridad, así como casco y gafas antiproyecciones, en caso necesario.

3. Servicios sanitarios y comunes

3.1. Servicio médico

La empresa contratista dispondrá de un Servicio de vigilancia de la salud de los trabajadores según lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Todos los operarios que empiecen a trabajar en la obra deberán haber pasado un reconocimiento médico previo en un plazo inferior a un año.

3.2. Botiquín de obra

La obra dispondrá de material de primeros auxilios debidamente señalizado, cuyo contenido será revisado semanalmente reponiéndose los elementos necesarios.

3.3. Instalaciones de higiene y bienestar

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D. 1627/97, la obra dispondrá de las instalaciones de higiene y bienestar.

Se asegurará el suministro de agua potable al personal perteneciente a la obra.

3.4. Formación e información

En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador.

Todos los operarios recibirán al ingresar en la obra una exposición detallada de los métodos de trabajo y los riesgos que pudieran entrañar, juntamente con las medidas de prevención y protección que deberán emplear.

Los operarios serán ampliamente informados de las medidas de seguridad personal y colectiva que deben establecerse en el tajo al que están adscritos, repitiéndose esta información cada vez que se cambie de tajo.

El contratista facilitará una copia del Plan de Seguridad y Salud a todas las subcontratas y trabajadores autónomos integrantes de la obra, así como a los representantes de los trabajadores.

4. Documentación Administrativa

Antes de cada subcontratación, el contratista debe incluir en el contrato una cláusula donde el subcontratista se comprometa a proporcionar la siguiente documentación, antes del inicio de los trabajos por los que se le ha subcontratado, según el R.D. 1627/97 de 24 de octubre:

- ✓ Documento conforme han recibo copia del plan de seguridad y salud, y son concedores de la parte que les afecta.
- ✓ Reconocimiento medico del año en curso o del anterior de los trabajadores.

- ✓ Documento conforme los trabajadores reciben los equipos de protección individual necesarios.
- ✓ Documento conforme los trabajadores reciben formación en materia de seguridad y Salud.
- ✓ Certificados de maquinaria; inspección técnica obligatoria (ITV), además de seguir revisiones de mantenimiento periódicas.
- ✓ TC1 y TC2 de los trabajadores.

La entrega de estos documentos es obligatoria también para la empresa adjudicataria de las obras, para sus trabajadores y maquinaria propiedad del contratista principal. La recepción de esta documentación es ineludible y condición sine qua non por la que ningún trabajador de las empresas subcontratistas o de la empresa principal puede participar de las obras, asimismo para la maquinaria.

También, todo el personal de la obra, queda obligado a participar en cualquier reunión formativa de cualquier tema de interés en la actividad propia del trabajador o general de las obras, siendo obligación del jefe de obra organizar y citar a los trabajadores, siguiendo siempre las indicaciones del coordinador de seguridad y salud.

El jefe de obra, así como el personal delegado representante de la empresa adjudicataria de las obras, ha de firmar los siguientes documentos, básicos y que han de ser firmados antes del inicio de las obras:

- ✓ Establecimiento de la comisión de seguridad y salud (contratista y subcontratistas de la obra).
- ✓ Establecimiento del representante para la comisión de seguridad y salud (preferentemente ha de ser el jefe de obra)
- ✓ Establecimiento del vigilante o encargado de seguridad (preferentemente ha de ser una persona con dedicación exclusiva a este trabajo, con la suficiente cualificación y experiencia en estos trabajos).

El coordinador ha de aprobar toda esta documentación, que sin la cual el contratista no puede iniciar o continuar las obras o parte de las obras.

El contratista está obligado a redactar un plan de seguridad y salud adaptado a sus medios y métodos de ejecución. Antes de comenzar la obra, el contratista ha de entregar

un borrador del plan de seguridad y salud, quedando a disposición de este para realizar cuantas modificaciones o añadiduras que el coordinador establezca.

5. Conclusión

El Estudio de Seguridad y Salud que se ha elaborado comprende la previsión de las actividades constructivas proyectadas y los riesgos previsibles en la ejecución de las mismas, así como las normas y medidas preventivas que habrán de adoptarse en la obra, la definición literal y gráfica de las protecciones a utilizar, sus respectivas mediciones y precios y el presupuesto final del Estudio.

En base a tales previsiones, el contratista elaborará y propondrá el Plan de Seguridad y Salud de la obra, como aplicación concreta y desarrollo de este Estudio, así como de presentación y justificación de las alternativas preventivas que juzgue necesarias, en función del método y equipo que en cada caso haya de utilizar en la obra.

En relación con tal función y aplicaciones, el autor del presente Estudio de Seguridad y Salud estima que la redacción de las páginas anteriores resulta suficiente para cumplir dichos objetivos y para constituir el conjunto básico de previsiones preventivas de la obra a realizar.

Barcelona, Junio 2012

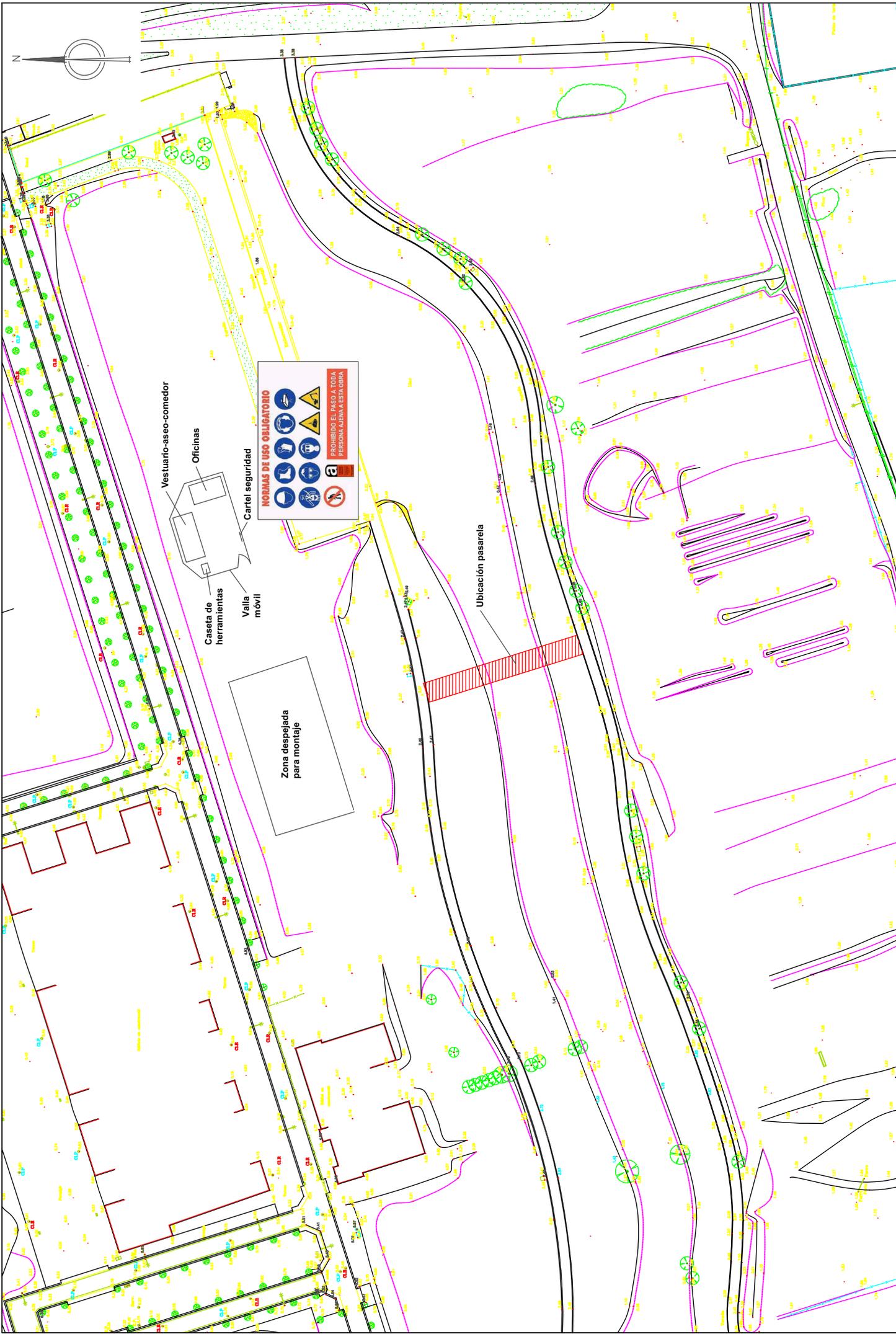
Autor del Proyecto: Carles Estruch Tena

Titulación: Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Documento n° 1:
Memoria y anejos
ANEJO VIII: Estudio de
seguridad y salud
Planos

ÍNDICE DE PLANOS

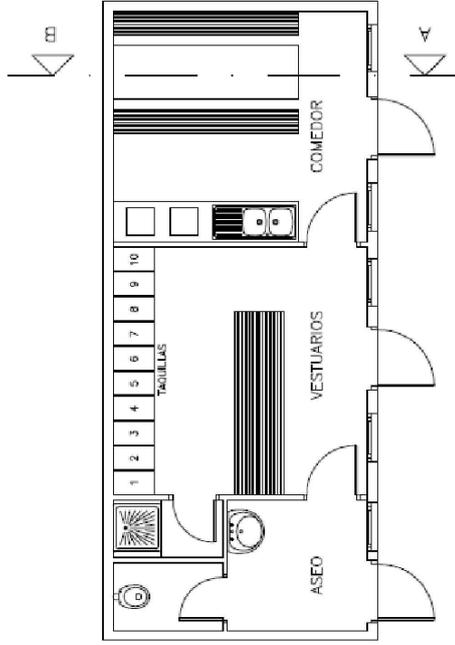
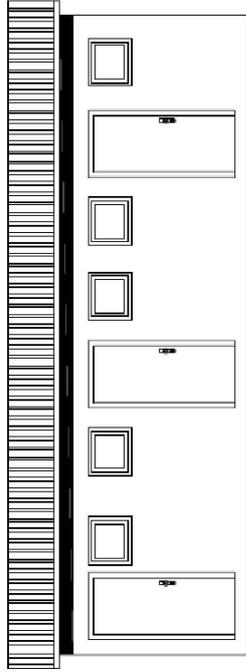
- 1.8.2.1. Ubicación casetas de obra
- 1.8.2.2. Instalaciones de obra
- 1.8.2.3. Código señales maniobras



NORMAS DE USO OBLIGATORIO

- Prohibido el paso a toda persona ajena a esta obra
- Prohibido fumar
- Prohibido beber alcohol
- Prohibido conducir vehículos
- Prohibido usar teléfonos móviles
- Prohibido usar dispositivos electrónicos
- Prohibido usar herramientas
- Prohibido usar maquinaria
- Prohibido usar maquinaria pesada
- Prohibido usar maquinaria agrícola
- Prohibido usar maquinaria forestal
- Prohibido usar maquinaria de construcción
- Prohibido usar maquinaria de transporte
- Prohibido usar maquinaria de mantenimiento
- Prohibido usar maquinaria de limpieza
- Prohibido usar maquinaria de jardinería
- Prohibido usar maquinaria de agricultura
- Prohibido usar maquinaria de ganadería
- Prohibido usar maquinaria de pesca
- Prohibido usar maquinaria de caza
- Prohibido usar maquinaria de deporte
- Prohibido usar maquinaria de ocio
- Prohibido usar maquinaria de turismo
- Prohibido usar maquinaria de servicios
- Prohibido usar maquinaria de comercio
- Prohibido usar maquinaria de industria
- Prohibido usar maquinaria de minería
- Prohibido usar maquinaria de energía
- Prohibido usar maquinaria de transporte público
- Prohibido usar maquinaria de transporte privado
- Prohibido usar maquinaria de transporte de mercancías
- Prohibido usar maquinaria de transporte de pasajeros
- Prohibido usar maquinaria de transporte de carga
- Prohibido usar maquinaria de transporte de equipaje
- Prohibido usar maquinaria de transporte de animales
- Prohibido usar maquinaria de transporte de vehículos
- Prohibido usar maquinaria de transporte de maquinaria
- Prohibido usar maquinaria de transporte de materiales
- Prohibido usar maquinaria de transporte de residuos
- Prohibido usar maquinaria de transporte de agua
- Prohibido usar maquinaria de transporte de gas
- Prohibido usar maquinaria de transporte de electricidad
- Prohibido usar maquinaria de transporte de calor
- Prohibido usar maquinaria de transporte de frío
- Prohibido usar maquinaria de transporte de información
- Prohibido usar maquinaria de transporte de datos
- Prohibido usar maquinaria de transporte de voz
- Prohibido usar maquinaria de transporte de video
- Prohibido usar maquinaria de transporte de audio
- Prohibido usar maquinaria de transporte de imágenes
- Prohibido usar maquinaria de transporte de sonido
- Prohibido usar maquinaria de transporte de luz
- Prohibido usar maquinaria de transporte de calor
- Prohibido usar maquinaria de transporte de frío
- Prohibido usar maquinaria de transporte de energía
- Prohibido usar maquinaria de transporte de potencia
- Prohibido usar maquinaria de transporte de fuerza
- Prohibido usar maquinaria de transporte de movimiento
- Prohibido usar maquinaria de transporte de acción
- Prohibido usar maquinaria de transporte de reacción
- Prohibido usar maquinaria de transporte de interacción
- Prohibido usar maquinaria de transporte de comunicación
- Prohibido usar maquinaria de transporte de información
- Prohibido usar maquinaria de transporte de datos
- Prohibido usar maquinaria de transporte de voz
- Prohibido usar maquinaria de transporte de video
- Prohibido usar maquinaria de transporte de audio
- Prohibido usar maquinaria de transporte de imágenes
- Prohibido usar maquinaria de transporte de sonido
- Prohibido usar maquinaria de transporte de luz
- Prohibido usar maquinaria de transporte de calor
- Prohibido usar maquinaria de transporte de frío
- Prohibido usar maquinaria de transporte de energía
- Prohibido usar maquinaria de transporte de potencia
- Prohibido usar maquinaria de transporte de fuerza
- Prohibido usar maquinaria de transporte de movimiento
- Prohibido usar maquinaria de transporte de acción
- Prohibido usar maquinaria de transporte de reacción
- Prohibido usar maquinaria de transporte de interacción
- Prohibido usar maquinaria de transporte de comunicación

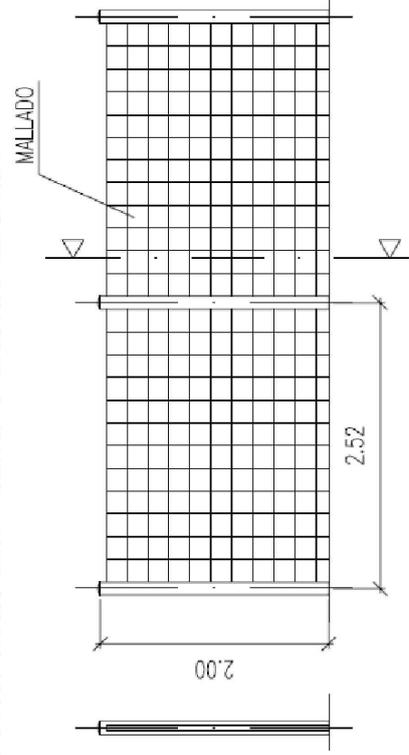
Num. plano: 1 Hoja: 1 de 1	Fecha: Junio 2012	Título del plano: Seguridad y salud Ubicación casetas de obra	Escala: 1:1.000	Título del proyecto: Puente Tensairity para pasarela peatonal en el PMT-UPC de Castelldefels	Autor del proyecto: Carles Estruch i Tena
--	--------------------------	---	------------------------	--	---



ASEO—VESTUARIOS—COMEDOR

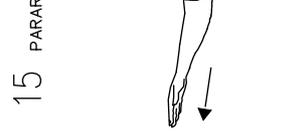
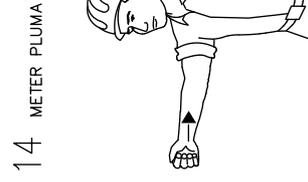
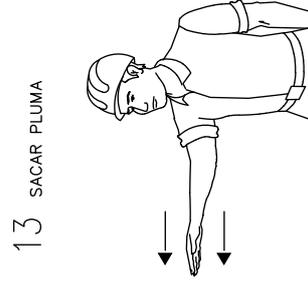
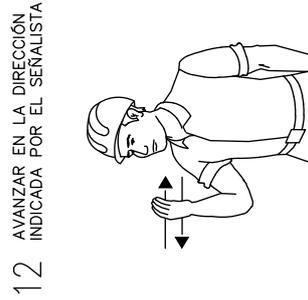
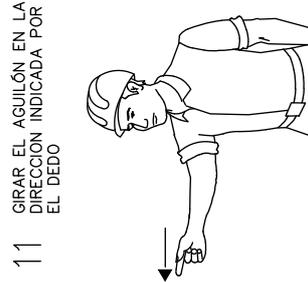
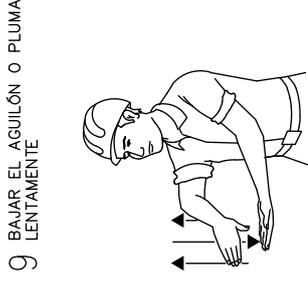
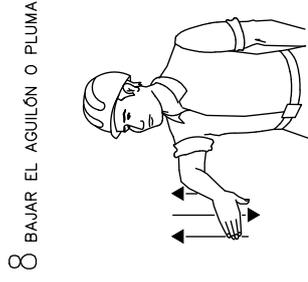
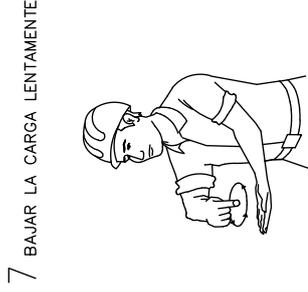
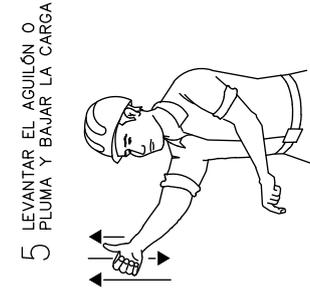
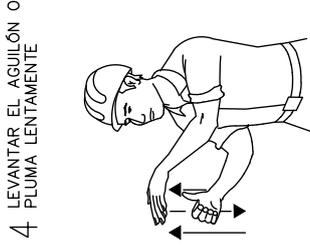
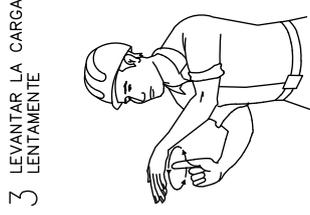
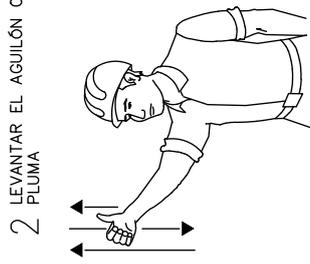
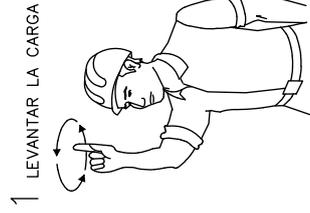
DETALLE INSTALACIONES DE OBRA

DETALLE VALLA CON POSTES Y MALLADO METÁLICO



CODIGO DE SEÑALES DE MANIOBRAS

SI SE QUIERE QUE NO HAYA CONFUSIONES, PELIGROSAS CUANDO EL MAQUINISTA O ENGANCHADOR CAMBIEN DE UNA MAQUINA A OTRA Y CON MAYOR RAZÓN DE UN TALLER A OTRO. ES NECESARIO QUE TODO EL MUNDO HABLE EL MISMO IDIOMA Y MANDE CON LAS MISMAS SEÑALES.
NADA MEJOR PARA ELLO QUE SEGUIR LOS MOVIMIENTOS QUE PARA CADA OPERACIÓN SE INSERTAN A CONTINUACIÓN.



Documento nº 1:

Memoria y anejos

**ANEJO VIII: Estudio de
seguridad y salud**

**Pliego de prescripciones
técnicas particulares**

ÍNDICE

1. Legislación y normas aplicables	2
2. Condiciones de los equipos de protección individual	4
3. Condiciones de las protecciones colectivas	5
4. Servicios de prevención	7
5. Instalaciones y servicios generales	8
6. Obligaciones de las partes intervinientes en la obra	9

1. Legislación y normas aplicables

El cuerpo legal y normativo de obligado cumplimiento está constituido por diversas normas de muy variadas condición y rango, actualmente condicionadas por la situación de vigencias que deriva de la Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales, excepto en lo que se refiere a los reglamentos dictados en desarrollo directo de dicha Ley que, obviamente, están plenamente vigentes y condicionan o derogan, a su vez, otros textos normativos precedentes.

Con todo, el marco normativo vigente, propio de Prevención de Riesgos Laborales en el ámbito del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, se concreta del modo siguiente:

- *Ley 31/1.995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. del 10-11-95)*
- *Estatuto de los Trabajadores (Real Decreto Legislativo 1/95, de 24 de marzo)*
- *Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/97, de 17 de enero, B.O.E. 31-01-97)*
- *Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 780/1.998, de 30 de abril, B.O.E. 01-05-98)*
- *Desarrollo del Reglamento de los Servicios de Prevención (O.M. de 27-06-97, B.O.E. 04-07-97)*
- *Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de Construcción (Real Decreto 1627/1.997, de 24 de octubre, B.O.E. 25-10-97)*
- *Reglamento sobre disposiciones mínimas en materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo (Real Decreto 485/1.997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)*
- *Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares Trabajo [exc. Construcción] (Real Decreto 486/97, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)*
- *Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Manipulación de Cargas (Real Decreto 487/1.997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)*
- *Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con Equipos que incluyen Pantallas de Visualización (Real Decreto 488/1.997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97)*
- *Reglamento de Protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos durante el trabajo (Real Decreto 664/1.997, de 12 de mayo, B.O.E. 24-05-97)*

- *Reglamento de Protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Cancerígenos durante el trabajo (Real Decreto 665/1.997, de 12 de mayo, B.O.E. 24-05-97)*
- *Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual (Real Decreto 773/1.997, de 22 de mayo, B.O.E. 12-06- 97)*
- *Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo (Real Decreto 1215/1.997, de 18 de julio, B.O.E. 07-08-97)*

Junto a éstas, que constituyen el marco legal actual, tras la promulgación de la Ley de Prevención, debe considerarse un amplio conjunto de normas de prevención laboral que, si bien de forma precaria y a veces bastante dudosa, permanecen vigentes en alguna parte de sus respectivos textos.

Entre ellas, cabe citar las siguientes:

- *Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. de 09-03-71, B.O.E. 16- 03-71; vigente apenas el capítulo 6 del título II)*
- *Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, B.O.E. 09-09-70), utilizable como referencia técnica, en cuanto no haya resultado mejorado, especialmente en su capítulo XVI, excepto las Secciones Primera y Segunda, por remisión expresa del Convenio General de la Construcción, en su Disposición Final Primera.2.*
- *Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los Equipos de Protección Individual (B.O.E. 28-12-92)*
- *Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al Ruido durante el trabajo (B.O.E. 02-11-89)*
- *Convenio Colectivo Provincial de la Construcción*

Además, han de considerarse otras normas de carácter preventivo con origen en otros Departamentos ministeriales, especialmente del Ministerio de Industria, a saber:

- *Ley de Industria (Ley 21/1992, de 16 de julio, B.O.E. 26-07-92)*

Documento nº 1: Memoria y anejos
ANEJO VIII: Estudio de seguridad y salud
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

- *Real Decreto 474/1.988, de 30 de marzo, por el que se establecen las disposiciones de aplicación de la Directiva 84/528/CEE, sobre aparatos elevadores y manejo mecánico (B.O.E. 20-05-88)*
- *Real Decreto 1495/1.986, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas (B.O.E. 21-07-86) y Reales Decretos 590/1.989 (B.O.E. 03-06-89) y 830/1.991 (B.O.E. 31-05-91) de modificación del primero.*
- *O.M. de 07-04-88, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Reglamentaria MSGSM1, del Reglamento de Seguridad de las Máquinas, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección usados (B.O.E. 15-04-88).*
- *Real Decreto 1435/1.992, sobre disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de legislaciones de los estados miembros sobre Máquinas (B.O.E. 11-12-92).*
- *Real Decreto 2291/1-985, de 8 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención (B.O.E. 11-12-85) e instrucciones técnicas complementarias, en lo que queden vigentes tras la norma anterior.*
- *Decreto 2413/1973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (B.O.E. 09-10-73) e Instrucciones técnicas complementarias.*
- *Decreto 3115/1968, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (B.O.E. 27-12-68)*
- *Real Decreto 245/1.989 sobre determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra (B.O.E. 11-03-89) 7 y Real Decreto 71/1.992, por el que se amplía el ámbito de aplicación del anterior, así como Órdenes de desarrollo.*
- *Real Decreto 2114/1.978, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos (B.O.E. 07-09-78).*
- *Normas Tecnológicas de la Edificación, del Ministerio de Fomento, aplicables en función de las unidades de obra o actividades correspondientes.*

2. Condiciones de los equipos de protección individual

Todos los equipos de protección personal tendrán fijado un periodo de vida útil, a cuyo término el equipo ha de desecharse obligatoriamente. Si antes de finalizar tal periodo,

algún equipo sufra un trato límite (como en supuestos de un accidente, caída o golpeo del equipo, etc.) o experimente un envejecimiento o deterioro más rápido del previsible, cualquiera que sea su causa, serán igualmente desechados y sustituidos, al igual que cuando hayan adquirido mayor holgura que las tolerancias establecidas por el fabricante. Un equipo de protección individual nunca será permitido en su empleo si se detecta que representa o introduce un riesgo por su mera utilización.

Todos los equipos de protección individual se ajustarán a las normas contenidas en los Reales Decretos 1407/1992 y 773/1997, ya mencionados. Adicionalmente, en cuanto se vean modificadas por lo anteriores, se considerarán aplicables las Normas Técnicas Reglamentarias M.T. de homologación de los equipos, en aplicación de la O.M. de 17-05-1.974 (B.O.E. 29-05-74).

Se han exigido equipos de protección individual ergonómicos, con el fin de evitar las negativas a su utilización. Por lo expuesto, se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en la obra definida por el presente proyecto de construcción, cumplirán las siguientes condiciones generales:

- 1) Tienen la marca "CE", según las normas EPI.
- 2) Tienen autorizado su uso durante el período de vigencia.
- 3) Los equipos de protección individual en uso estén rotos, serán remplazados de inmediato, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.
- 4) Las normas de utilización de los equipos de protección individual, se atenderán a lo previsto en la reglamentación vigente y folletos explicativos de cada uno de sus fabricantes.

3. Condiciones de las protecciones colectivas

Las vallas autónomas de protección y delimitación de espacios estarán construidas a base de tubos metálicos soldados, tendrán una altura mínima de 90 cm y estarán pintadas

en blanco o en amarillo o naranja luminosos, manteniendo su pintura en correcto estado de conservación, no presentando indicios de óxido ni elementos doblados o rotos.

Los pasillos cubiertos de seguridad estarán contruidos con pórticos de madera, con pies derechos y dinteles de tablones embridados, o metálicos, a base de tubos y perfiles, y con cubierta cuajada de tablones o de chapa de suficiente resistencia ante los impactos de los objetos de caída previsible sobre los mismos. Pueden disponerse elementos amortiguadores sobre la cubierta.

Las barandillas de pasarelas y plataformas de trabajo tendrán suficiente resistencia, por sí mismas y por su sistema de fijación y anclaje, para garantizar la retención de los trabajadores, incluso en hipótesis de impacto por desplazamiento o desplome violento. La resistencia global de referencia de las barandillas queda cifrada en 150 Kg/m.

Los cables de sujeción de cinturones de seguridad y sus anclajes, tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos derivados de la caída de un trabajador al vacío, con una fuerza de inercia calculada en función de la longitud de cuerda utilizada.

Todas las pasarelas y plataformas de trabajo tendrán anchos mínimos de 60 cm y, cuando se sitúen a más de 2,00 m del suelo, estarán provistas de barandillas de al menos 90 cm de altura, con listón intermedio y rodapié de 15 cm como mínimo.

Las escaleras de mano estarán siempre provistas de zapatas antideslizantes y nunca se utilizarán escaleras unidas entre sí en obra, no dispuestas sobre superficies irregulares o inestables, como tablas, ladrillos u otros materiales sueltos.

La resistencia de las tomas de tierra no será superior a aquélla que garantice una tensión máxima de 24 V., de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial que, como mínimo, será de 30 mA para alumbrado y de 300 mA para fuerza.

Se comprobará periódicamente que se produce la desconexión al accionar el botón de prueba del diferencial, siendo absolutamente obligatorio proceder a una revisión de éste por personal especializado, o sustituirlo, cuando la desconexión no se produce.

El cuadro eléctrico general, totalmente aislado en sus partes activas, irá provisto de un interruptor general de corte omnipolar, capaz de dejar a toda la obra sin servicio. Los cuadros de distribución deberán tener todas sus partes metálicas conectadas a tierra.

Todos los elementos eléctricos, como fusibles, cortacircuitos e interruptores, serán de equipo cerrado, capaces de imposibilitar el contacto eléctrico fortuito de personas o cosas, al igual que los bornes de conexiones, que estarán provistas de protectores adecuados.

Se dispondrán interruptores, uno por enchufe, en el cuadro eléctrico general, al objeto de permitir dejar sin corriente los enchufes en los que se vaya a conectar maquinaria de 10 o más amperios, de manera que sea posible enchufar y desenchufar la máquina en ausencia de corriente.

Los tableros portantes de bases de enchufe de los cuadros eléctricos auxiliares se fijarán eficazmente a elementos rígidos, de forma que se impida el desenganche fortuito de los conductores de alimentación, así como contactos con elementos metálicos que puedan ocasionar descargas eléctricas a personas u objetos.

Las lámparas eléctricas portátiles tendrán mango aislante y dispositivo protector de la lámpara, teniendo alimentación de 24 voltios o, en su defecto, estar alimentadas por medio de un transformador de separación de circuitos.

Todas las máquinas eléctricas dispondrán de conexión a tierra, con resistencia máxima permitida de los electrodos o placas de 5 a 10 ohmios, disponiendo de cables con doble aislamiento impermeable y de cubierta suficientemente resistente. Las mangueras de conexión a las tomas de tierra llevarán un hilo adicional para conexión al polo de tierra del enchufe.

Los extintores de obra serán de polvo polivalente y cumplirán la Norma UNE 23010, colocándose en los lugares de mayor riesgo de incendio, a una altura de 1,50 m sobre el suelo y adecuadamente señalizados.

4. Servicios de prevención

La empresa adjudicataria viene obligada a disponer de una organización especializada de prevención de riesgos laborales, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 39/1997, citado: cuando posea una plantilla superior a los 250 trabajadores, con Servicio de Prevención propio, mancomunado o ajeno contratado a tales efectos, en cualquier caso debidamente acreditados ante la Autoridad laboral, o , en supuestos de menores

plantillas, mediante la designación de un trabajador (con plantillas inferiores a los 50 trabajadores) o de dos trabajadores (para plantillas de 51 a 250 trabajadores), adecuadamente formados y acreditados a nivel básico, según se establece en el mencionado Real Decreto 39/1997.

La empresa adjudicataria encomendará a su organización de prevención la vigilancia de cumplimiento de las obligaciones preventivas de la misma, plasmadas en el Plan de Seguridad y Salud de la obra, así como la asistencia y asesoramiento al Jefe de obra en cuantas cuestiones de seguridad se planteen a lo largo de la duración de la obra.

Al menos uno de los trabajadores destinados en la obra poseerá formación y adiestramiento específico en primeros auxilios a accidentados, con la obligación de atender a dicha función en todos aquellos casos en que se produzca un accidente con efectos personales o daños o lesiones, por pequeños que éstos sean.

Los trabajadores destinados en la obra poseerán justificantes de haber pasado reconocimientos médicos preventivos y de capacidad para el trabajo a desarrollar, durante los últimos doce meses, realizados en el departamento de Medicina del Trabajo de un Servicio de Prevención acreditado.

El Plan de Seguridad y Salud establecerá las condiciones en que se realizará la información a los trabajadores, relativa a los riesgos previsibles en la obra, así como las acciones formativas pertinentes.

5. Instalaciones y servicios generales

Los vestuarios, comedores, servicios higiénicos, lavabos y duchas a disponer en la obra, quedarán definidos en el Plan de Seguridad y Salud, de acuerdo con las normas específicas de aplicación y, específicamente, con los apartados 15 a 18 de la Parte A del Real Decreto 1627/1.997, citado.

Se dispondrá en la obra de agua potable en cantidad suficiente y adecuadas condiciones de utilización por parte de los trabajadores.

Se dispondrá siempre de un botiquín, ubicado en un local de obra, en adecuadas condiciones de conservación y contenido y de fácil acceso, señalizado y con indicación de los teléfonos de urgencias a utilizar. Existirá al menos un trabajador formado en la prestación de primeros auxilios en la obra.

6. Obligaciones de las partes intervinientes en la obra

En cumplimiento de la legislación aplicable y, de manera específica, de lo establecido en la Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales, en el Real Decreto 39/1.997, de los Servicios de Prevención, y en el Real Decreto 1627/1.997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, corresponde a La Dirección General de Carreteras la designación del Coordinador de seguridad y salud de la obra, así como aprobar el Plan de Seguridad y Salud, con informe y propuesta del coordinador, y remitir el Aviso Previo a la Autoridad laboral competente.

En cuanto al contratista de la obra, éste viene obligado a redactar y presentar, con anterioridad al comienzo de los trabajos, el Plan de Seguridad y Salud de la obra, en aplicación y desarrollo del presente Estudio y de acuerdo con lo establecido en el artículo 7 del citado Real Decreto 1627/1.997. El Plan de Seguridad y Salud contendrá, como mínimo, una breve descripción de la obra y la relación de sus principales unidades y actividades a desarrollar, así como el programa de los trabajos con indicación de los trabajadores concurrentes en cada fase y la evaluación de los riesgos esperables en la obra. Además, específicamente, el Plan expresará resumidamente las medidas preventivas previstas en el presente Estudio que el contratista admite como válidas y suficientes para evitar o proteger los riesgos evaluados y presentará las alternativas a aquéllas que considere conveniente modificar, justificándolas técnicamente. Finalmente, el Plan contemplará la valoración económica de tales alternativas o expresará la validez del Presupuesto del presente estudio de Seguridad y Salud.

Las normas y medidas preventivas contenidas en este Estudio y en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, constituyen las obligaciones que el contratista viene obligado a cumplir durante la ejecución de la obra, sin perjuicio de los principios y normas legales y reglamentarias que le obligan como empresario. En particular, corresponde al contratista cumplir y hacer cumplir el Plan de Seguridad y Salud de la obra, así como la normativa

vigente en materia de prevención de riesgos laborales y la coordinación de actividades preventivas entre las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en la obra, en los términos previstos en el artículo 24 de la Ley de Prevención, informando a los subcontratistas y a los trabajadores autónomos sobre los riesgos y medidas a adoptar, emitiendo las instrucciones internas que estime necesarias para velar por sus responsabilidades en la obra, incluidas las de carácter solidario, establecidas en el artículo 42.2 de la mencionada Ley.

Los subcontratistas y trabajadores autónomos, sin perjuicio de las obligaciones legales y reglamentarias que les afectan, vendrán obligados a cumplir cuantas medidas establecidas en este Estudio o en el Plan de Seguridad y Salud les afecten, a proveer y velar por el empleo de los equipos de protección individual y de las protecciones colectivas o sistemas preventivos que deban aportar, en función de las normas aplicables y, en su caso, de las estipulaciones contractuales que se incluyan en el Plan de Seguridad y Salud o en documentos jurídicos particulares.

En cualquier caso, las empresas contratista, subcontratistas y trabajadores autónomos presentes en la obra estarán obligados a atender cuantas indicaciones y requerimientos les formule el coordinador de seguridad y salud, en relación con la función que a éste corresponde de seguimiento del Plan de Seguridad y Salud de la obra y, de manera particular, aquellos que se refieran a incumplimientos de dicho Plan y a supuestos de riesgos graves e inminentes en el curso de ejecución de la obra.

Barcelona, Junio 2012

Autor del Proyecto: Carles Estruch Tena

Titulación: Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Documento n° 1:
Memoria y anejos
ANEJO VIII: Estudio de
seguridad y salud
Presupuesto

ÍNDICE

1. Mediciones	2
2. Cuadro de precios	3
3. Presupuesto	4
4. Resumen del presupuesto	6

1. Mediciones

Um.	Descripción	Cantidad
UNIDADES DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES		
U	CASCO DE SEGURIDAD NO METALICO, CLASE N, AISLANTE PARA BAJA TENSION, PARA TODOS LOS OPERARIOS, INCLUIDOS VISITANTES	10,00
U	MONO O BUZO DE TRABAJO	10,00
Par	BOTAS DE SEGURIDAD DE CUERO	10,00
Par	GUANTES DE CUERO	10,00
U	TRAJE IMPERMEABLE PARA AGUA	10,00
Par	BOTAS IMPERMEABLES AL AGUA Y A LA HUMEDAD	10,00
U	GAFAS ANTIPOLVO Y ANTI-IMPACTO	10,00
U	MASCARILLA ANTIPOLVO PARA RESPIRACION	10,00
U	FILTRO PARA MASCARILLA ANTIPOLVO	10,00
U	PROTECTOR AUDITIVO	10,00
U	CINTURON DE SEGURIDAD	10,00
Par	GUANTES FINOS DE GOMA	10,00
Par	GUANTES DIELECTRICOS	10,00
Par	BOTAS DIELECTRICAS	10,00
U	CHALECO REFLECTANTE	10,00
UNIDADES DE PROTECCIÓN COLECTIVAS		
U	CARTEL INDICATIVO NORMALIZADO DE 0,40 X 0,30 M	2,00
U	SEÑAL DE PELIGRO TRIANGULAR DE 90 CM PARA DOS USOS	2,00
M	VALLA AUTONOMA METALICA	50,00
U	BOMBILLA	10,00
U	RECONOCIMIENTO MEDICO	10,00
M	ESCALERA PLANA	4,00
U	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE DE 12 KG PARA DOS USOS	2,00
U	SOPORTE PARA EXTINTOR	2,00
U	PUESTA A TIERRA, COMPUESTA POR CABLE DE COBRE Y ELECTRODO DE DOS USOS	1,00
U	INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE ALTA SENSIBILIDAD (30mA)	1,00
U	TRANSFORMADOR DE SEGURIDAD DE 24 V PARA TRES USOS	1,00
UNIDADES DE HIGIENE Y BIENESTAR		
Mes	ALQUILER DE BARRACÓN DE VESTUARIOS	1,00
Mes	ALQUILER DE BARRACÓN PARA DUCHAS Y LAVABOS	1,00
U	BOTIQUIN TOTALMENTE DOTADO E INSTALADO	1,00
U	REPOSICION DE MATERIAL SANITARIO	1,00
U	MESA DE MADERA DE 2,50 X 0,90 M	1,00
U	BANCO DE MADERA DE 2,50 M DE LARGO	2,00

U	CALIENTA COMIDAS PARA 50 SERVICIOS	1,00
U	RADIADOR INFRARROJOS DE 1.000 W	1,00
U	PILETA CORRIDA CONSTRUIDA EN OBRA Y DOTADA DE TRES GRIFOS	1,00
U	RECIPIENTE PARA RECOGIDA DE BASURAS	1,00
U	TAQUILLA INDIVIDUAL PARA 3 USOS	10,00
M	CABLE DE SEGURIDAD	50,00
U	ACOMETIDA DE AGUA Y ENERGIA ELECTRICA	1,00
U	ACOMETIDA DE AGUA PARA ASEOS	1,00
U	ACOMETIDA DE ELECTRICIDAD PARA VESTUARIOS Y ASEOS	1,00

FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADIO CUMPLIMIENTO

U	REUNION TRIMESTRAL DEL COMITE DE SEGURIDAD Y SALUD	1,00
H	FORMACION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	10,00

2. Cuadro de precios

Um.	Descripción	Precio euros
UNIDADES DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES		
U	CASCO DE SEGURIDAD NO METALICO, CLASE N, AISLANTE PARA BAJA TENSION, PARA TODOS LOS OPERARIOS, INCLUIDOS VISITANTES	3,46
U	MONO O BUZO DE TRABAJO	23,89
Par	BOTAS DE SEGURIDAD DE CUERO	24,01
Par	GUANTES DE CUERO	9,56
U	TRAJE IMPERMEABLE PARA AGUA	14,97
Par	BOTAS IMPERMEABLES AL AGUA Y A LA HUMEDAD	23,98
U	GAFAS ANTIPOLVO Y ANTI-IMPACTO	16,38
U	MASCARILLA ANTIPOLVO PARA RESPIRACION	12,17
U	FILTRO PARA MASCARILLA ANTIPOLVO	0,87
U	PROTECTOR AUDITIVO	24,79
U	CINTURON DE SEGURIDAD	19,98
Par	GUANTES FINOS DE GOMA	1,77
Par	GUANTES DIELECTRICOS	38,01
Par	BOTAS DIELECTRICAS	43,57
U	CHALECO REFLECTANTE	23,89
UNIDADES DE PROTECCIÓN COLECTIVAS		
U	CARTEL INDICATIVO NORMALIZADO DE 0,40 X 0,30 M	92,68
U	SEÑAL DE PELIGRO TRIANGULAR DE 90 CM PARA DOS USOS	54,99
M	VALLA AUTONOMA METALICA	15,33
U	BOMBILLA	1,05

Documento nº 1: Memoria y anejos
ANEJO VIII: Estudio de seguridad y salud
PRESUPUESTO

U	RECONOCIMIENTO MEDICO	97,36
M	ESCALERA PLANA	1,29
U	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE DE 12 KG PARA DOS USOS	107,13
U	SOPORTE PARA EXTINTOR	1,71
U	PUESTA A TIERRA, COMPUESTA POR CABLE DE COBRE Y ELECTRODO DE DOS USOS	74,65
U	INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE ALTA SENSIBILIDAD (30mA)	71,97
U	TRANSFORMADOR DE SEGURIDAD DE 24 V PARA TRES USOS	207,65

UNIDADES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Mes	ALQUILER DE BARRACÓN DE VESTUARIOS	112,99
Mes	ALQUILER DE BARRACÓN PARA DUCHAS Y LAVABOS	112,99
U	BOTIQUIN TOTALMENTE DOTADO E INSTALADO	150,25
U	REPOSICION DE MATERIAL SANITARIO	214,86
U	MESA DE MADERA DE 2,50 X 0,90 M	171,14
U	BANCO DE MADERA DE 2,50 M DE LARGO	146,62
U	CALIENTA COMIDAS PARA 50 SERVICIOS	152,81
U	RADIADOR INFRARROJOS DE 1.000 W	77,08
U	PILETA CORRIDA CONSTRUIDA EN OBRA Y DOTADA DE TRES GRIFOS	214,26
U	RECIPIENTE PARA RECOGIDA DE BASURAS	38,95
U	TAQUILLA INDIVIDUAL PARA 3 USOS	52,44
M	CABLE DE SEGURIDAD	2,37
U	ACOMETIDA DE AGUA Y ENERGIA ELECTRICA	150,25
U	ACOMETIDA DE AGUA PARA ASEOS	150,25
U	ACOMETIDA DE ELECTRICIDAD PARA VESTUARIOS Y ASEOS	150,25

FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADIO CUMPLIMIENTO

U	REUNION TRIMESTRAL DEL COMITE DE SEGURIDAD Y SALUD	210,35
H	FORMACION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	37,65

3. Presupuesto

Um.	Descripción	Precio euros	Cantidad	Valor parcial euros
UNIDADES DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES				
U	CASCO DE SEGURIDAD NO METALICO, CLASE N, AISLANTE PARA BAJA TENSION, PARA TODOS LOS OPERARIOS, INCLUIDOS VISITANTES	3,46	10,00	34,60
U	MONO O BUZO DE TRABAJO	23,89	10,00	238,90
Par	BOTAS DE SEGURIDAD DE CUERO	24,01	10,00	240,10

Par	GUANTES DE CUERO	9,56	10,00	95,60
U	TRAJE IMPERMEABLE PARA AGUA	14,97	10,00	149,70
Par	BOTAS IMPERMEABLES AL AGUA Y A LA HUMEDAD	23,98	10,00	239,80
U	GAFAS ANTIPOLVO Y ANTI-IMPACTO	16,38	10,00	163,80
U	MASCARILLA ANTIPOLVO PARA RESPIRACION	12,17	10,00	121,70
U	FILTRO PARA MASCARILLA ANTIPOLVO	0,87	10,00	8,70
U	PROTECTOR AUDITIVO	24,79	10,00	247,90
U	CINTURON DE SEGURIDAD	19,98	10,00	199,80
Par	GUANTES FINOS DE GOMA	1,77	10,00	17,70
Par	GUANTES DIELECTRICOS	38,01	10,00	380,10
Par	BOTAS DIELECTRICAS	43,57	10,00	435,70
U	CHALECO REFLECTANTE	23,89	10,00	238,90

UNIDADES DE PROTECCIÓN COLECTIVAS

U	CARTEL INDICATIVO NORMALIZADO DE 0,40 X 0,30 M	92,68	2,00	185,36
U	SEÑAL DE PELIGRO TRIANGULAR DE 90 CM PARA DOS USOS	54,99	2,00	109,98
M	VALLA AUTONOMA METALICA	15,33	50,00	766,50
U	BOMBILLA	1,05	10,00	10,50
U	RECONOCIMIENTO MEDICO	97,36	10,00	973,60
M	ESCALERA PLANA	1,29	4,00	5,16
U	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE DE 12 KG PARA DOS USOS	107,13	2,00	214,26
U	SOPORTE PARA EXTINTOR	1,71	2,00	3,42
U	PUESTA A TIERRA, COMPUESTA POR CABLE DE COBRE Y ELECTRODO DE DOS USOS	74,65	1,00	74,65
U	INTERRUPTOR DIFERENCIAL DE ALTA SENSIBILIDAD (30mA)	71,97	1,00	71,97
U	TRANSFORMADOR DE SEGURIDAD DE 24 V PARA TRES USOS	207,65	1,00	207,65

UNIDADES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Mes	ALQUILER DE BARRACÓN DE VESTUARIOS	112,99	1,00	112,99
Mes	ALQUILER DE BARRACÓN PARA DUCHAS Y LAVABOS	112,99	1,00	112,99
U	BOTIQUIN TOTALMENTE DOTADO E INSTALADO	150,25	1,00	150,25
U	REPOSICION DE MATERIAL SANITARIO	214,86	1,00	214,86
U	MESA DE MADERA DE 2,50 X 0,90 M	171,14	1,00	171,14
U	BANCO DE MADERA DE 2,50 M DE LARGO	146,62	2,00	293,24
U	CALIENTA COMIDAS PARA 50 SERVICIOS	152,81	1,00	152,81
U	RADIADOR INFRARROLOS DE 1.000 W	77,08	1,00	77,08

Documento nº 1: Memoria y anejos
ANEJO VIII: Estudio de seguridad y salud
PRESUPUESTO

U	PILETA CORRIDA CONSTRUIDA EN OBRA Y DOTADA DE TRES GRIFOS	214,26	1,00	214,26
U	RECIPIENTE PARA RECOGIDA DE BASURAS	38,95	1,00	38,95
U	TAQUILLA INDIVIDUAL PARA 3 USOS	52,44	10,00	524,40
M	CABLE DE SEGURIDAD	2,37	50,00	118,50
U	ACOMETIDA DE AGUA Y ENERGIA ELECTRICA	150,25	1,00	150,25
U	ACOMETIDA DE AGUA PARA ASEOS	150,25	1,00	150,25
U	ACOMETIDA DE ELECTRICIDAD PARA VESTUARIOS Y ASEOS	150,25	1,00	150,25

FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADIO CUMPLIMIENTO

U	REUNION TRIMESTRAL DEL COMITE DE SEGURIDAD Y SALUD	210,35	1,00	210,35
H	FORMACION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	37,65	10,00	376,50

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

8.655,12 €

4. Resumen del presupuesto

PUENTE TENSAIRITY® PARA PASARELA PEATONAL EN EL PMT-UPC DE CASTELLDEFELS

RESUMEN DE PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD

CAPITULOS DE PRESUPUESTO	IMPORTE (EUROS)
UNIDADES DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES	2813,00
UNIDADES DE PROTECCIÓN COLECTIVAS	2623,05
UNIDADES DE HIGIENE Y BIENESTAR	2632,22
FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADIO CUMPLIMIENTO	586,85

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

8.655,12 €

Barcelona, Junio 2012

Autor del Proyecto: Carles Estruch Tena

Titulación: Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO IX:
Procedimiento
constructivo**

ÍNDICE

1. Patronaje de los tubos	2
2. Trabajo en taller	3
3. Trabajo a pie de obra	6

1. Patronaje de los tubos

Para el patronaje de los tubos hinchables de la pasarela Tensairity® se ha empleado un módulo del software GiD denominado “CutPGen” (Cutting Pattern Generation) especializado para patronaje de estructuras hinchables disponible en la empresa “Buildair – Ingeniería y Arquitectura, S.A” y desarrollado por la empresa “Quantech ATZ – Engineering Software Solutions”. En la Figura 1 se muestra una imagen 3D del tubo a partir de la cual se ha realizado el trabajo de patronaje.

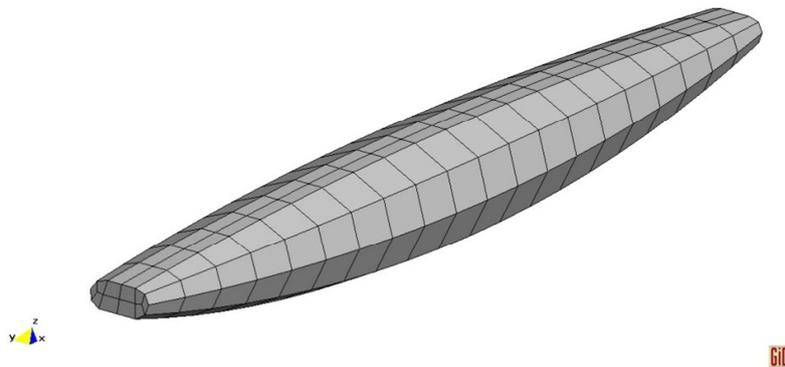


Figura 1. Model del tubo en 3D para patronaje de los tubos de la pasarela Tensairity®

En total cada uno de los tubos consta de 105 patrones, los cuales se muestran en la Figura 2 y también se adjuntan en el “Documento nº 2: Planos”.

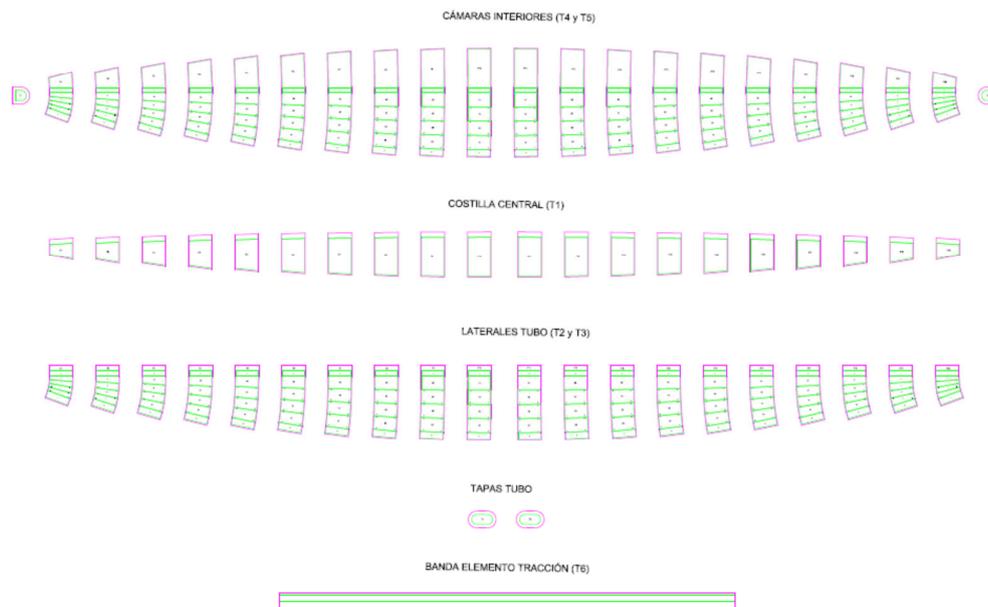


Figura 2. Patronaje de los tubos de la pasarela Tensairity®

Cada tubo está formado por 2 cámaras interiores (T4 y T5) con sus respectivas tapas en los extremos separadas por una costilla central (T1) y envueltos por 2 laterales (T2 y T3), todo ello cerrado por 2 tapas a ambos extremos. Por la parte inferior del tubo se sitúan las cintas de carga (elemento de tracción) que van cosidas a una banda de tejido (T6) y la cual va soldada.

2. Trabajo en taller

Previamente a la puesta en obra de la pasarela se deben fabricar en taller los tubos junto con el elemento de tracción. Este proceso conlleva varias etapas:

- 1) Corte patrones: en esta fase se procede al corte de los patrones mediante una máquina de corte especializada. En caso de no disponer de esta máquina se puede también realizar manualmente, previa impresión de los patrones en papel de plotter a escala, marcaje sobre la tela y corte con tijeras.
- 2a) Costura cintas de carga: se colocan las 4 cintas de carga de 300mm de anchura (en 2 sándwiches de 2 cintas) una al lado de otra sobre la banda de tejido T6 y se cosen a ella, de forma que se tenga una cinta doble de 600mm de ancho.
- 2b) Soldadura patrones: a la vez que se realiza la costura de las cintas de carga, los patrones de cada una de las capas (T1 a T5) se sueldan entre sí uno al lado del otro (sin cerrar el tubo en el caso de T4 y T5 ni por arriba ni con las tapas en los extremos). Para este fin se ha dejado un margen de soldadura de 5 cm, distancia necesaria para el electrodo de la máquina de soldadura de alta frecuencia.
- 3) Soldadura tubo: una vez se disponen de las 6 capas (T1,T2,T3,T4,T5 y T6+cintas) se procede a fabricar el tubo soldando cuidadosamente todas y cada una de las capas a lo largo de la longitud del tubo siguiendo rigurosamente el orden establecido para poder realizar todas las soldaduras sin problemas y finalmente poder cerrarlo. En la Figura 2 se observa una sección del tubo con todas sus capas y los puntos de costura (C1 y C2, realizados en el punto 2 descrito anteriormente) y soldadura (S1 a S12) existentes. El proceso de soldadura empieza uniendo las capas T1 y T2 (soldadura número S1), seguido por la unión a éstas de la capa T3 (S2). A continuación se suelda la banda de tejido con las

cintas de carga (T6) al tubo (capas T2 y T3) mediante 2 soldaduras dobles (S3 a S6). Luego se agregan las cámaras interiores T4 y T5 (que están sin cerrar) y se sueldan en 2 puntos (S7 y S8) para evitar que se muevan dentro del tubo y posteriormente se cierran por arriba (S9 y S10) y por los extremos añadiendo sus respectivas tapas. Finalmente se doblan los bordes de las capas T1, T2 y T3 añadiendo un cable de plástico de 1 cm de diámetro y se sueldan doble (S11 y S12), terminando con la soldadura de las tapas.

Paralelamente a la fabricación de los tubos, también se deben fabricar los apoyos de acero de las vigas Tensairity® soldando todas sus partes hasta formar la pieza diseñada.

De la misma forma, todas las piezas de madera deben ser cortadas adaptándolas a las medidas que aparecen en el diseño y con los agujeros para la tornillería realizados.

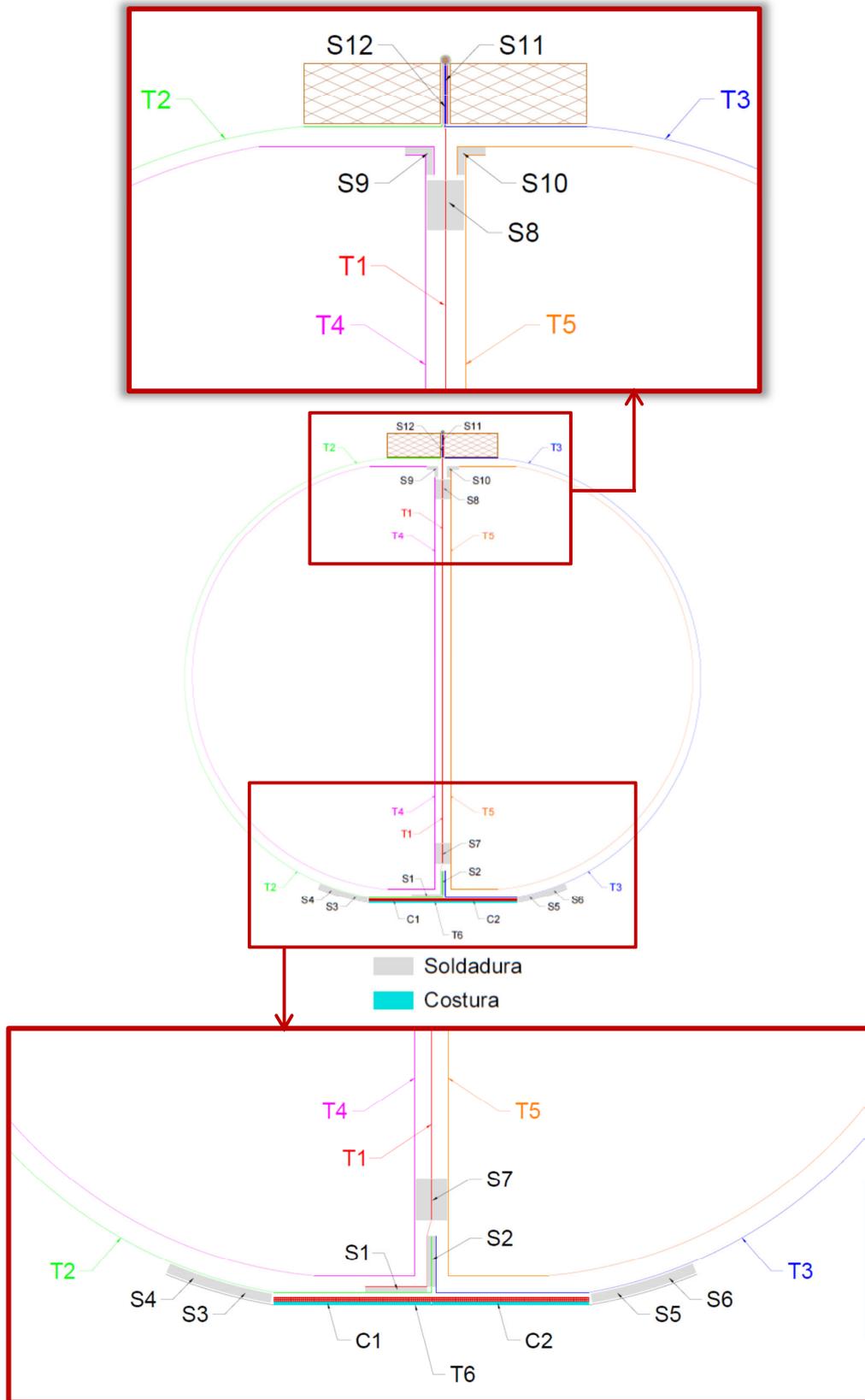
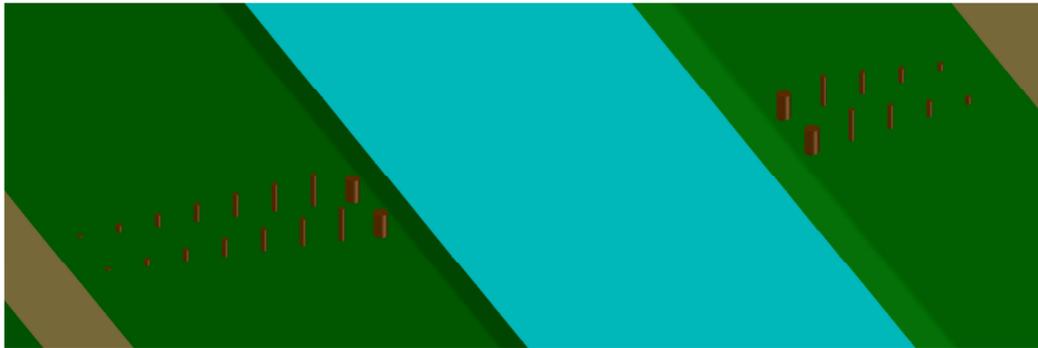


Figura 3. Capas, soldadura y costura de los tubos de la pasarela Tensairity®

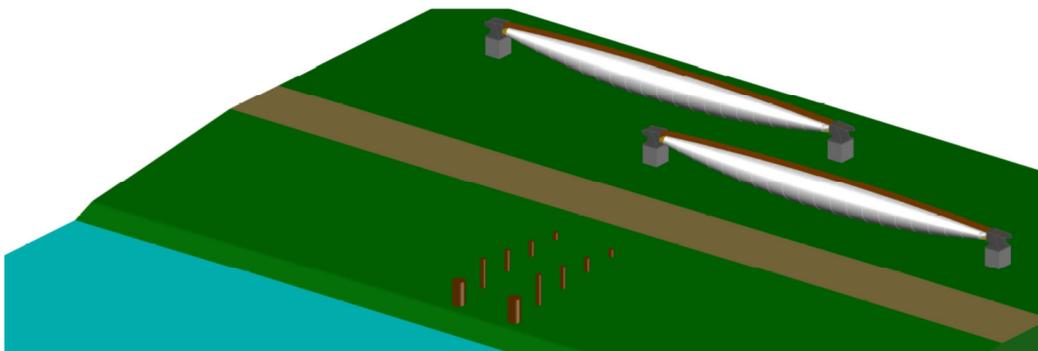
3. Trabajo a pie de obra

Con todas las partes ya fabricadas en taller, la construcción de la pasarela Tensairity® y las estructuras de apoyo de madera se realiza en varias fases:

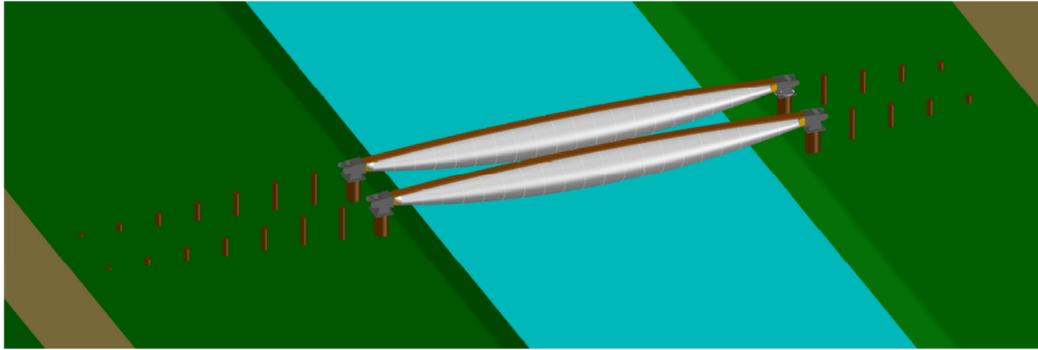
- 1a) Hincado pilotes: se ejecuta el hincado tanto de los pilotes de apoyo de las vigas Tensairity® como los de las estructuras de apoyo de madera mediante la maquinaria adecuada para esta labor.



- 1b) Montaje vigas Tensairity®: simultáneamente al hincado de los pilotes se pueden ir montando las vigas Tensairity® en un margen de la laguna. Para ello se extienden los tubos fabricados en taller y se le añaden las vigas de madera que conforman el elemento de compresión. Finalmente se conectan ambos extremos a los apoyos de acero que deben estar situados sobre bloques de aproximadamente 1 metro de altura para evitar que el tubo toque el suelo una vez hinchado.

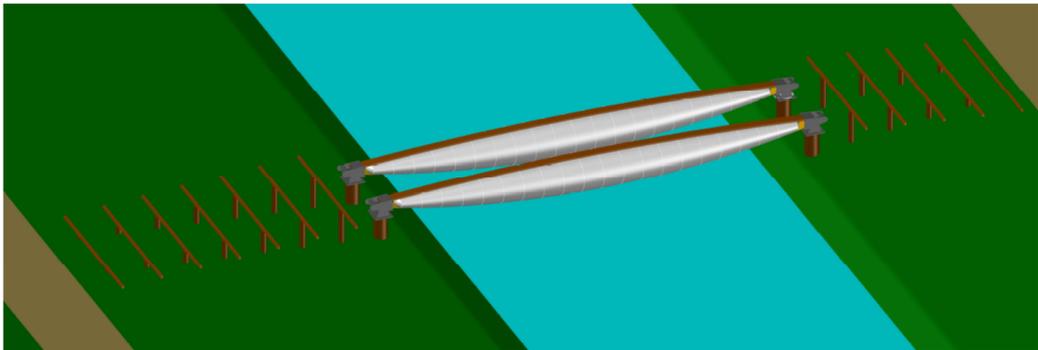


- 2) Hinchado y posicionamiento vigas Tensairity®: en una siguiente fase se procede al hinchado de las vigas Tensairity® y su posterior posicionamiento sobre los pilotes de apoyo mediante la ayuda de una grúa.

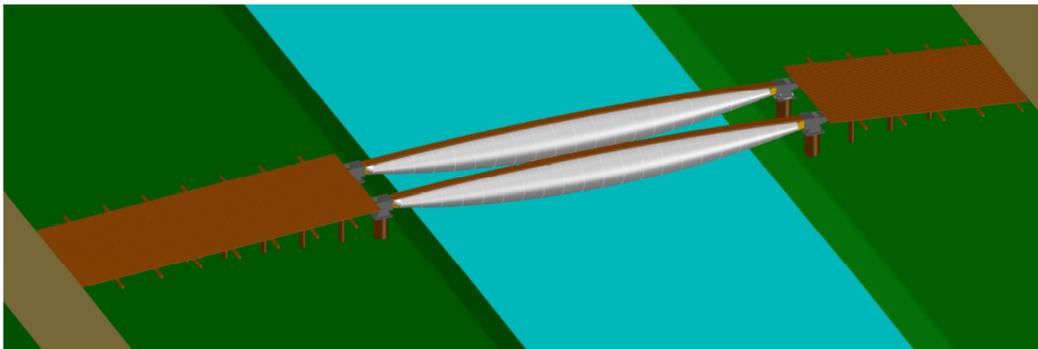


- 3) Construcción estructuras de apoyo:

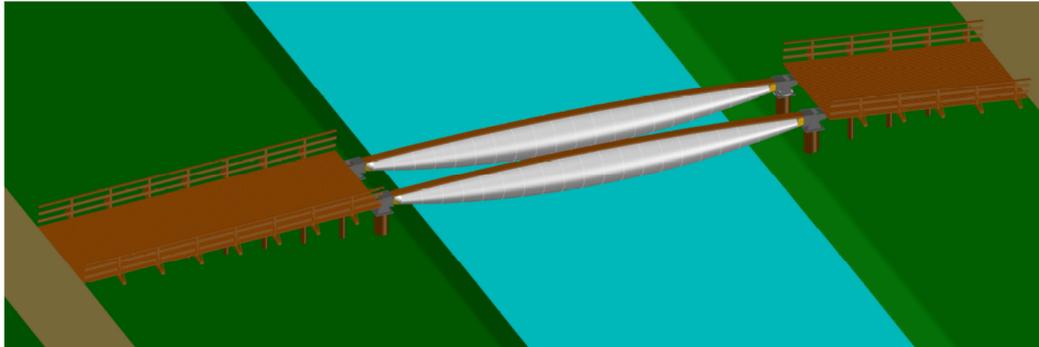
- 3.1) Vigas transversales: se montan las vigas transversales sobre los pilotes de las estructuras de apoyo. Éstas quedan situadas a una altura máxima de 1,70 m sobre el suelo, con lo cual no se requiere de ningún tipo de andamio para su montaje.



- 3.2) Tablero: se coloca el tablero sobre las vigas transversales.

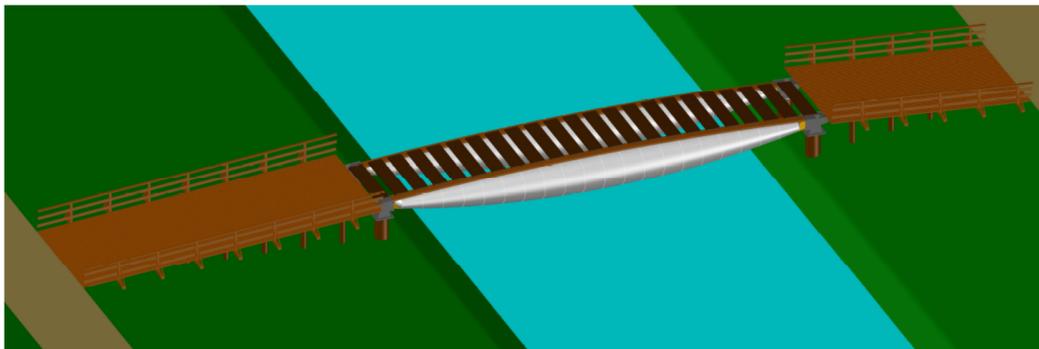


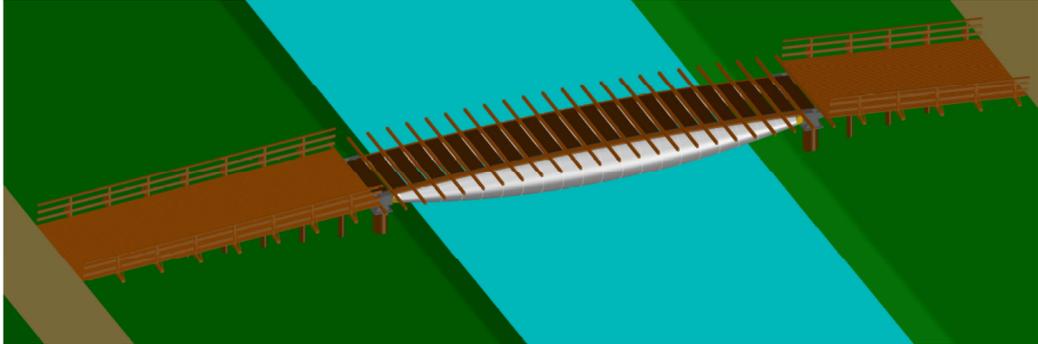
- 3.3) Barandillas: por último se montan las barandillas también sobre las vigas transversales.



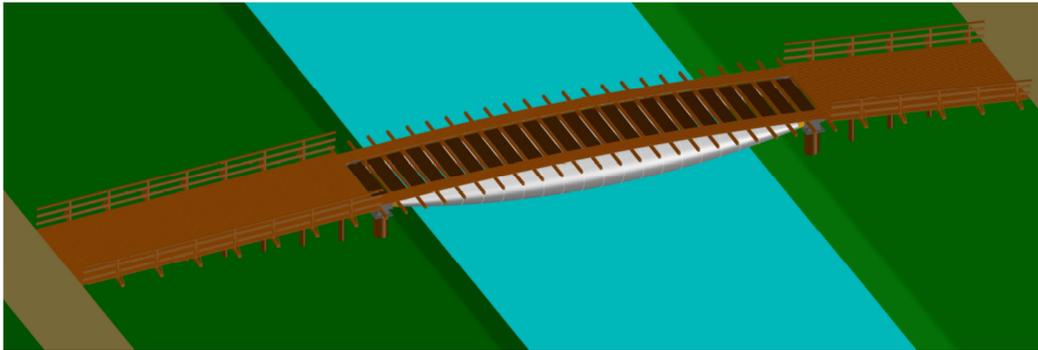
- 4) Construcción pasarela Tensairity®:

- 4.1) Vigas transversales: colocación de las vigas transversales de madera sobre las vigas Tensairity®. Para este fin se colocan plataformas de madera de unos 3,5m x 0,70m clavadas sobre los elementos de compresión de las vigas Tensairity® en el espacio entre vigas. El proceso empieza a ambos lados de la pasarela colocando la primera viga transversal, luego la plataforma de madera, a continuación la siguiente viga y la plataforma de madera, sucesivamente hasta encontrarse en el centro del puente. En total son 23 plataformas necesarias.

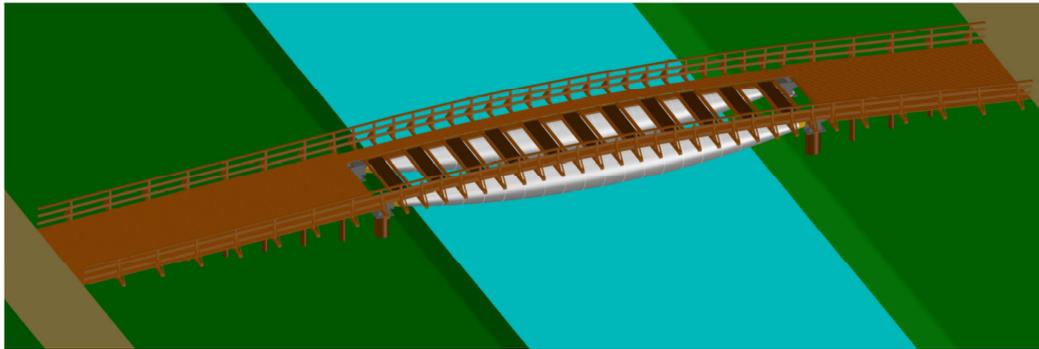
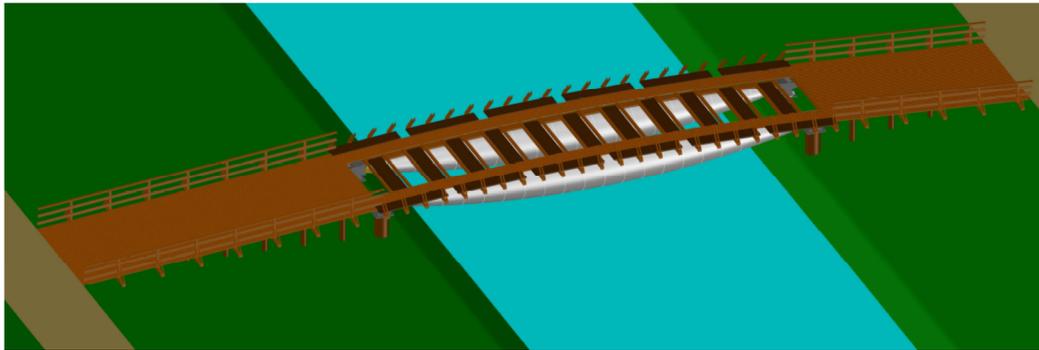
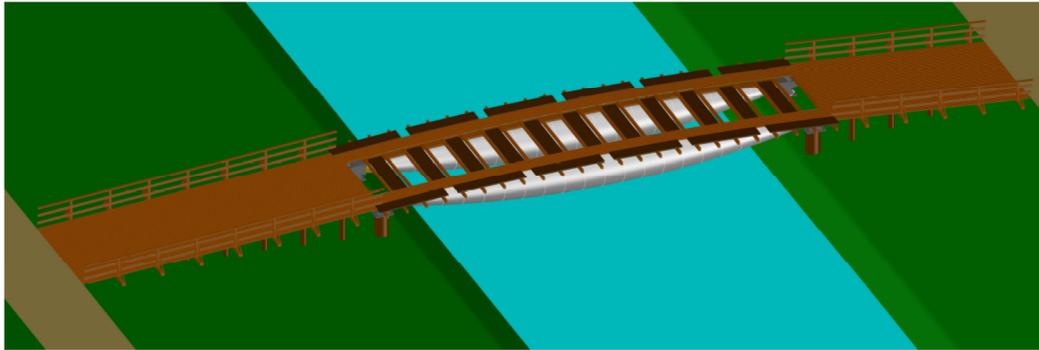




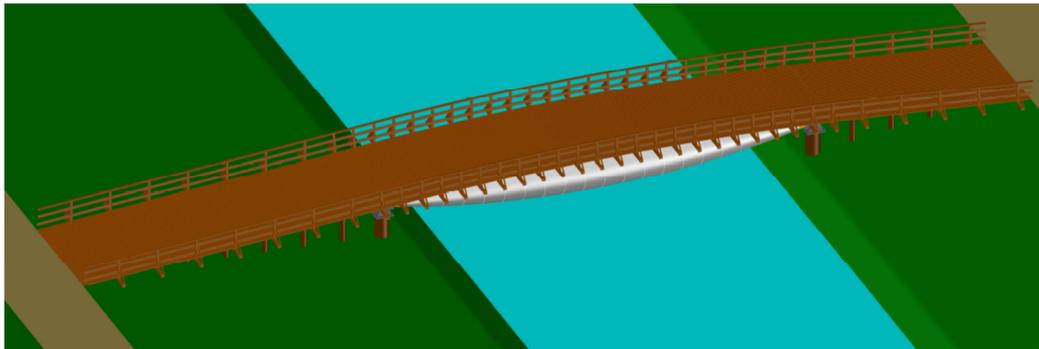
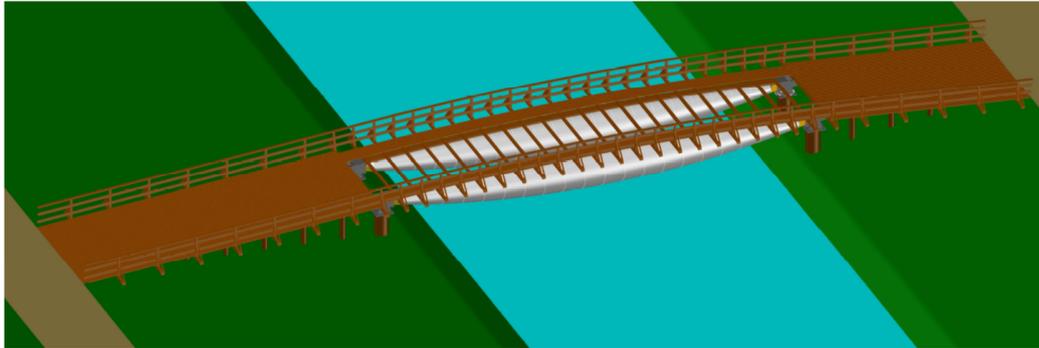
- 4.2) Tablero (fase 1): colocación del tablero por los lados exteriores de las vigas Tensairity® (exceptuando las 3 últimas lamas de madera en los extremos) ya que en el centro están las plataformas de madera que impiden poner la parte central del tablero.



- 4.3) Barandillas: aprovechando el tablero ya colocado a los lados, se procede a colocar las barandillas. El procedimiento en este caso empieza extrayendo la mitad de las plataformas de madera (alternativamente, una sí y una no, se dejan 11 y se sacan 12) y colocándolas longitudinalmente sobre los extremos de las vigas transversales donde termina el tablero. De esta forma se pueden alcanzar los extremos de éstas vigas y montar los elementos diagonales de las barandillas (es importante no haber montado las 3 últimas lamas del tablero en los extremos, ya que sino no se podrá montar este elemento diagonal). A continuación se sacan las plataformas de madera y se termina la barandilla junto con las 3 lamas que faltaban poner a cada lado.



- 4.4) Tablero (fase 2): la última fase de construcción consiste en sacar las plataformas que quedan en el centro y montar la parte central del tablero sobre las vigas transversales, así la pasarela y las estructuras de apoyo quedan terminadas.



**Documento n° 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO X:
Control de calidad**

ÍNDICE

1. Control de calidad	2
2. Consideraciones generales sobre el control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas	3
2.1. Control de la documentación de los suministros	3
2.2. Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica	3
2.3. Control de recepción mediante ensayos	4
3. Recepción	4
4. Ejecución	8
4.1. Control de ejecución de la obra	8
4.2. Almacenamiento	9
4.3. Control de montaje	9
4.4. Control de ejecución de las uniones	10
4.4.1. Uniones clavadas	10
4.4.2. Uniones con pernos	12
4.5. Comprobación de puntos críticos	14
4.6. Tolerancias de la obra acabada	15

1. Control de calidad

Los materiales básicos a controlar en esta obra son:

- ✓ Tejido PVC tubo hinchable viga Tensairity®
- ✓ Textil cintas de carga elemento de tracción
- ✓ Madera elemento de compresión y superestructura
- ✓ Madera pilotes
- ✓ Uniones
- ✓ Acero apoyos

El control de calidad de las obras realizadas incluirá el control de recepción de productos, los controles de la ejecución y de la obra terminada. Para ello:

- El director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones.
- El constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al director de la obra y al director de la ejecución de la obra la documentación de los productos anteriormente señalados, así como las instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda.
- Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el director de la ejecución de la obra en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten su interés legítimo.

Durante la construcción de las obras el director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:

- Control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra.
- Control de ejecución de la obra.
- Control de la obra terminada.

2. Consideraciones generales sobre el control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas

El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

2.1. Control de la documentación de los suministros

Los suministradores entregarán al constructor, quien facilitará al director de ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigido por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado del fabricante, firmado por persona física.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposiciones de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

2.2. Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- Los distintivos de calidad que ostenten los productos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y

documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.2 de las Disposiciones Generales del CTE.

- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5 de las Disposiciones Generales del CTE., y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos y sistemas amparados por ella.

2.3. Control de recepción mediante ensayos

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

3. Recepción

La recepción de los diferentes materiales y elementos que integran la estructura de este proyecto, es el primer eslabón de la cadena de controles y comprobaciones que determinan una correcta ejecución de la estructura con garantías de funcionalidad y durabilidad en el tiempo.

La recepción implica cuatro niveles de control claramente diferenciados:

- El control documental del suministro (ver diagrama 1)
- El control del material suministrado (ver diagrama 2)
- El control dimensional y de propiedades (ver diagrama 3)
- El control del certificado del tratamiento de protección (ver diagrama 4)

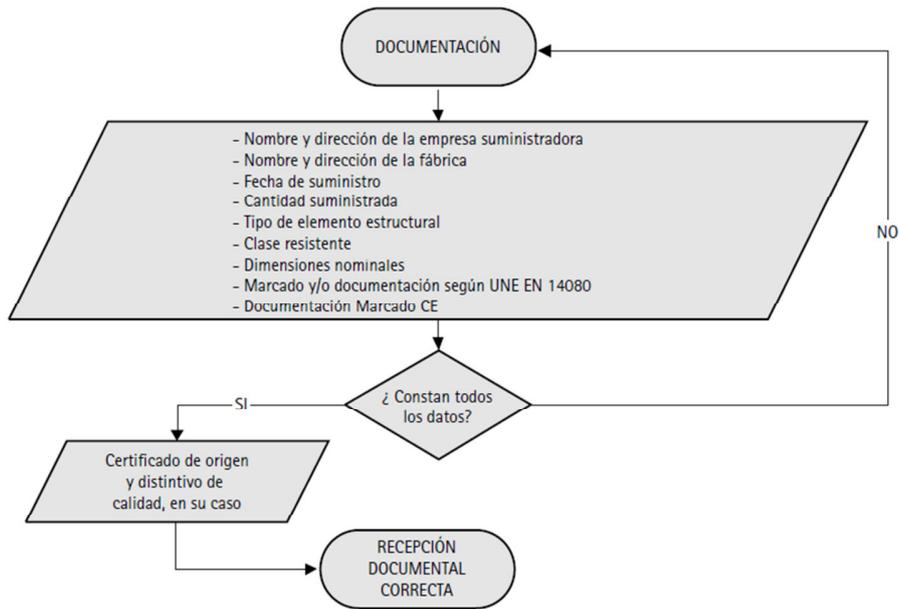


Diagrama 1. Control de la documentación del suministro

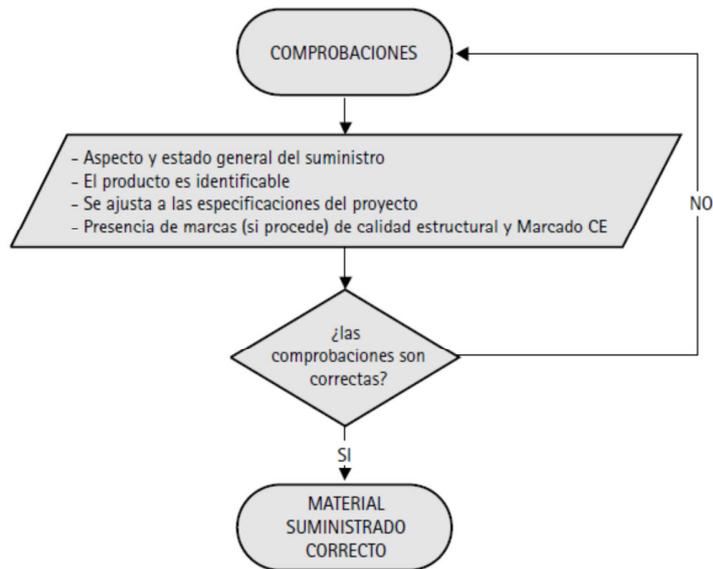


Diagrama 2. Control del material suministrado

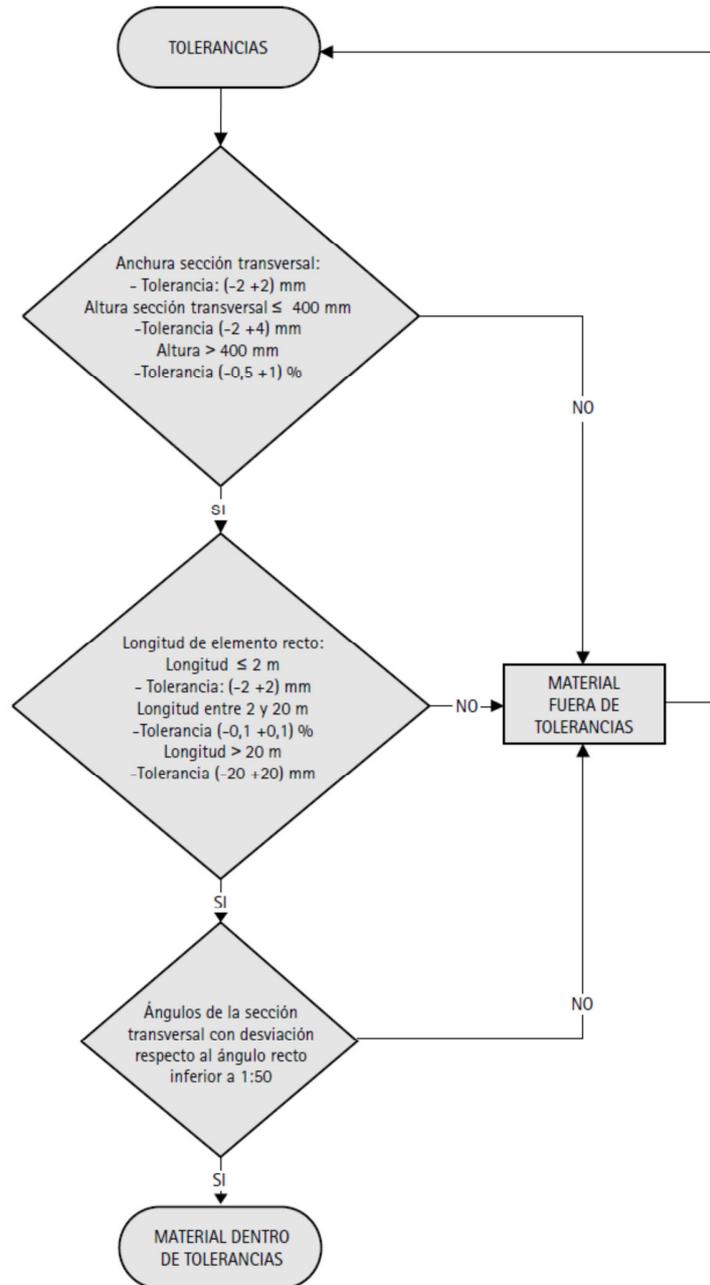


Diagrama 3. Control dimensional y de propiedades

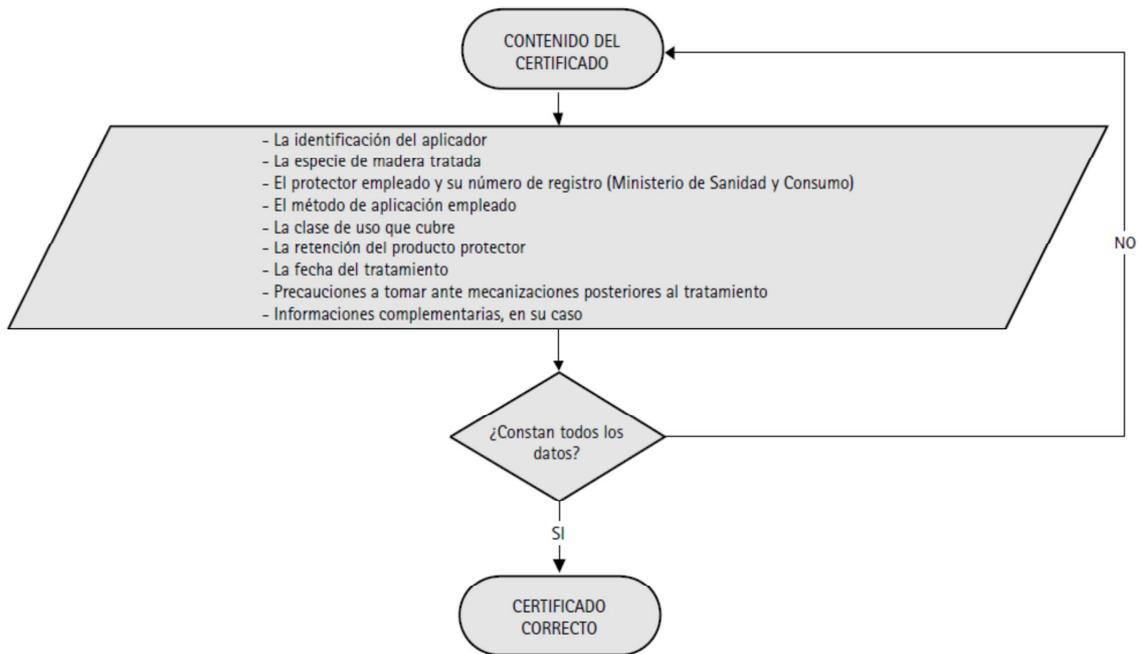


Diagrama 4. Control del certificado del tratamiento de protección de la madera

Los elementos mecánicos de fijación se controlarán de acuerdo con los criterios siguientes (diagrama 5):

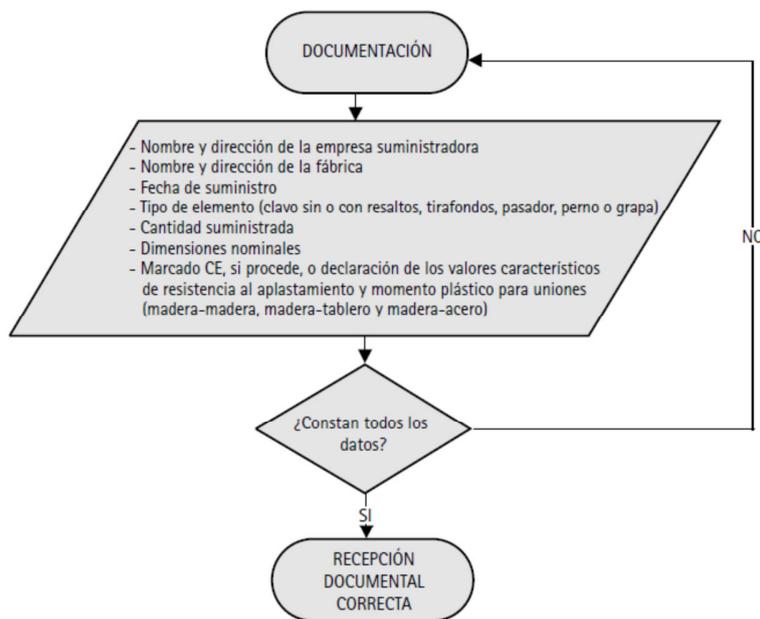


Diagrama 5. Control documental del suministro

A continuación se inserta la tabla de protección mínima frente a la corrosión según CTE SE-M (Tabla 3.4)

ELEMENTOS DE FIJACIÓN	CLASE DE SERVICIO		
	1	2	3
Clavos y tirafondos con $d \leq 4$ mm	Ninguna	Fe/Zn 12 c (1)	Fe/Zn 25 c (2)
Pernos, pasadores y clavos con $d > 4$ mm	Ninguna	Ninguna	Fe/Zn 25 c (2)
Grapas	Fe/Zn 12 c (1)	Fe/Zn 12 c (1)	Acero inoxidable
Placas dentadas y chapas de acero con espesor de hasta 3 mm	Fe/Zn 12 c (1)	Fe/Zn 12 c (1)	Acero inoxidable
Chapas de acero con espesor por encima de 3 hasta 5 mm	Ninguna	Fe/Zn 12 c (1)	Fe/Zn 25 c (2)
Chapas de acero con espesor superior a 5 mm	Ninguna	Ninguna	Fe/Zn 25 c (2)

(1) Si se emplea galvanizado en caliente la protección Fe/Zn 12c debe sustituirse por Z 275, y la protección n Fe/Zn 25c debe sustituirse por Z 350.

(2) En condiciones expuestas especialmente a la corrosión debe considerarse la utilización de Fe/Zn 40c, un galvanizado en caliente más grueso o acero inoxidable.

Tabla 1. Protección mínima frente a la corrosión o tipo de acero necesario

4. Ejecución

4.1. Control de ejecución de la obra

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de la buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

Se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en los Documentos de Evaluación técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos y sistemas innovadores.

4.2. Almacenamiento

El almacenamiento de las piezas o elementos en obra debe tratarse con precaución, ya que de lo contrario un elemento correctamente fabricado puede verse alterado, menguado de prestaciones e incluso llegar a resultar inaceptable si no se toman las debidas precauciones, como:

- Proceder a la descarga del material de forma cuidadosa elevándolo en el sentido de colocación.
- Evitar el contacto con el suelo.
- Almacenar sobre una superficie plana siguiendo las instrucciones del fabricante
- Proteger el material de la intemperie; los elementos no deben exponerse innecesariamente a condiciones climáticas más severas que las que tendrán cuando esté terminada la estructura.
- Proteger al elemento del agua o humedades elevadas.

4.3. Control de montaje

Durante las operaciones de montaje de la estructura pueden producirse sollicitaciones a los elementos superiores a los de servicio, o en direcciones para los que la pieza puede no estar dimensionada, por ello es básico operar metodológicamente, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- Evitar sobretensiones en las piezas, ya sea en operaciones de elevación como de apoyo circunstancial.
- Efectuar un apuntalamiento provisional que permita mantener los elementos convenientemente aplomados y correctamente espaciados, a fin de evitar daños o derrumbes ocasionados por cargas laterales; empujes ocasionales, acciones por viento, etc.
- Las piezas torcidas, con hendiduras o con defectos de fijación en las uniones, deberían sustituirse.

4.4. Control de ejecución de las uniones

Las uniones son los puntos que presentan mayor grado de riesgo en una estructura de madera tanto desde el punto de vista de la durabilidad como de la funcionalidad del elemento. Es por ello que se hace necesario prestar una especial atención en el control de su ejecución.

4.4.1. Uniones clavadas

Para el control de las uniones clavadas se debe tener en cuenta, en primera instancia, dos extremos:

- La densidad característica de la madera
- El diámetro del clavo que se utilice.

Si la densidad característica de la madera es \geq a 500 kg/m^3 o si el diámetro del clavo es $>$ a 6 mm , será necesario realizar un pretaladro en el punto previsto para disponer el clavo.

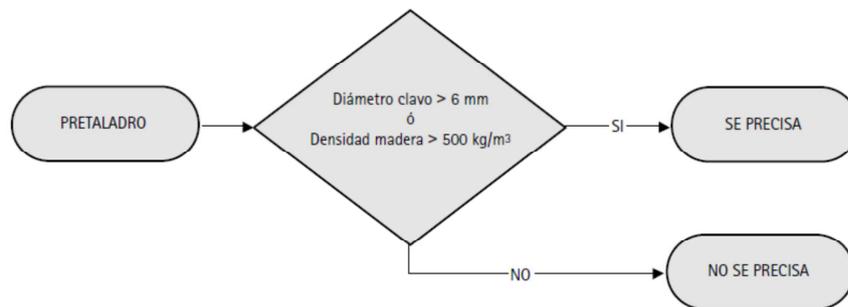


Diagrama 7. Uniones clavadas. Necesidad de pretaladro

El proyecto debe incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

- Tipo de clavo
- Nº de clavos por unión
- Disposición de los mismos
- Profundidad de penetración
- Distancias de los clavos a los bordes de la pieza y separación entre ellos

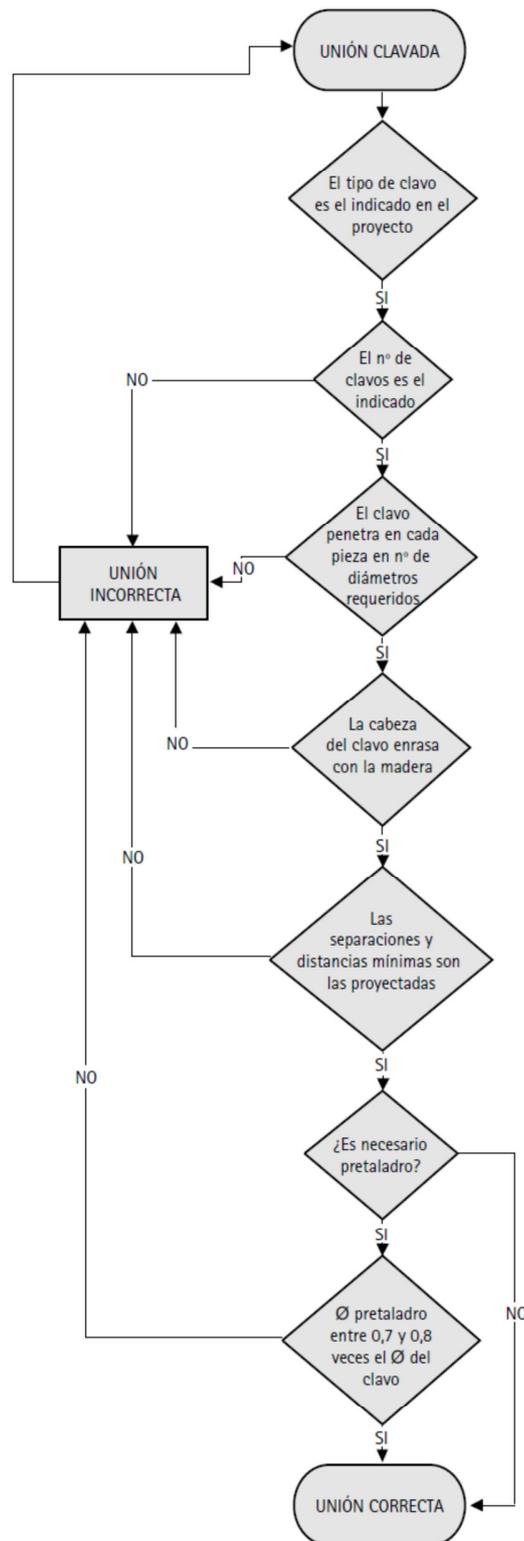


Diagrama 8. Uniones clavadas. Control de la unión

4.4.2. Uniones con pernos

Los pernos se utilizan para dar solución a uniones, simples o dobles entre:

- Madera – madera
- Tablero – madera
- Acero – madera

El proyecto debe incluir planos de detalles y documentación suficiente que permita la comprobación en fase de ejecución de:

- Tipo y diámetro de los pernos
- N° de pernos por unión
- Disposición de los mismos
- Distancias de los pernos a los bordes de la pieza y separación entre ellos.

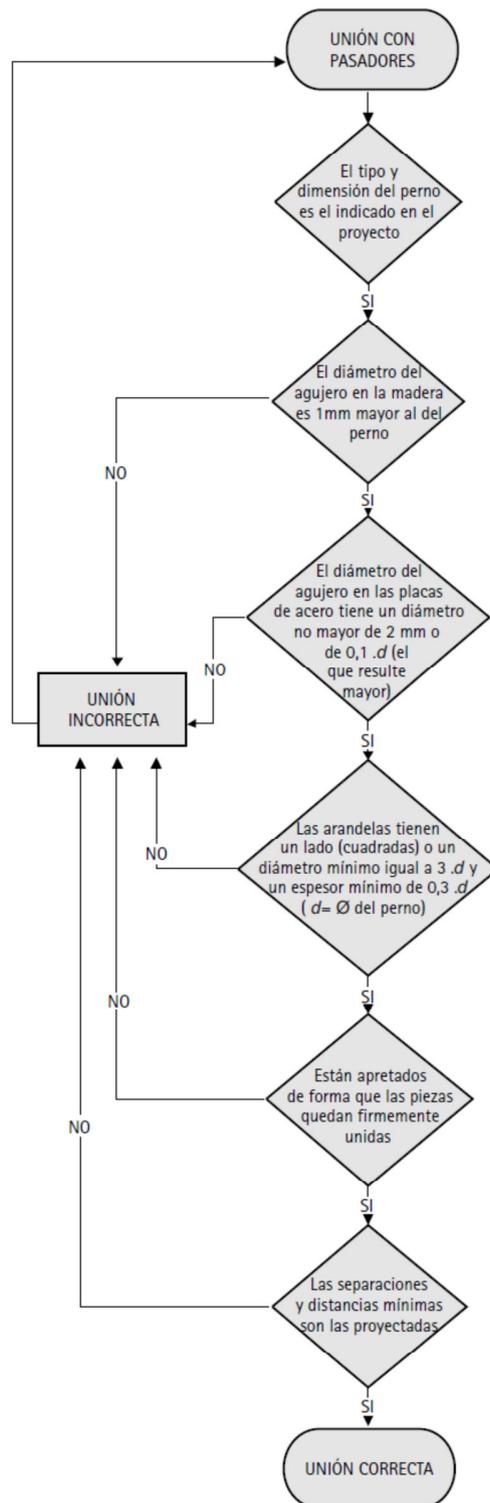


Diagrama 9. Uniones con pernos. Control de la unión

4.5. Comprobación de puntos críticos

Resulta imprescindible la comprobación de los siguientes diez puntos críticos, para poder asegurar la funcionalidad y durabilidad de la estructura proyectada:

- Se ha procurado que, en el momento de su colocación, la madera hubiera alcanzado la humedad más próxima posible a la de la obra acabada.
- Se han tratado los puntos o zonas que han sido perforadas o cortadas en obra con el producto adecuado para mantener la funcionalidad del tratamiento preventivo, en su caso.
- Se ha evitado el contacto directo de la madera con el terreno, manteniendo una distancia mínima de 20 cm habiendo dispuesto barrera antihumedad.
- Ningún arranque de soporte o arco queda embebido en hormigón u otro material de fábrica.
- Los encuentros de vigas en muros se encuentran ventilados con una separación mínima de 15 mm entre la madera y el material del muro, y además, la base de apoyo dispone de un material intermedio que impide la transmisión de la humedad.
- Se ha evitado la posibilidad de acumulación de agua en las uniones.
- Se han protegido las caras superiores de los elementos de madera expuestos directamente a la intemperie. Si se ha colocado una albardilla metálica, ésta se ha dispuesto de forma que permite la aireación de la madera que cubre.
- Se han protegido las testas de los elementos estructurales de madera de la acción directa del agua de lluvia, ocultándolas con remates protectores.
- La cubierta evacua rápidamente el agua de lluvia y se han dispuesto sistemas de desagüe de condensaciones en los lugares oportunos.
- Los elementos de unión no coaccionan los posibles cambios dimensionales de la madera.

4.6. Tolerancias de la obra acabada

Las tolerancias sobre la fabricación de elementos estructurales pueden establecerse en el proyecto, de forma específica, en función de las condiciones de fabricación y montaje. De no especificarse, el fabricante o suministrador deberá cumplir lo indicado en los diagramas de flujo referidos a tolerancias expuestos anteriormente para cada tipo de material, además de:

Para elementos estructurales:

- Las tolerancias o desviaciones admisibles respecto a las dimensiones nominales de la madera aserrada, se ajustarán a los límites de tolerancia de la clase 1.
- La combadura de columnas y vigas medida en el punto medio del vano, en aquellos casos en que puedan presentarse problemas de inestabilidad lateral, o en barras de pórticos, debe limitarse a 1/500 de la longitud del vano en piezas de madera laminada y microlaminada o a 1/300 en piezas de madera maciza.

Para celosías con uniones de placas dentadas:

- Será admisible una combadura máxima de 10 mm en cualquier pieza de la cercha siempre que quede afianzada de manera segura en la cubierta terminada de forma que se evite el momento provocado por dicha tensión.
- La desviación máxima de una cercha respecto a la vertical no deberá exceder el valor de la expresión $10 + 5(H-1)$ mm, con un valor máximo de 25 mm; donde H es la altura (diferencia de cota entre apoyos y punto más alto), expresada en metros.

**Documento nº 1:
Memoria y anejos**

**ANEJO XI:
Plazo de ejecución
de la obra**

ÍNDICE

1. Planificación de la obra.....	2
----------------------------------	---

DOCUMENTOS ANEXOS:

- Diagrama de Gantt: Plazo de ejecución de la pasarela Tensairity®

1. Planificación de la obra

Se ha realizado una planificación de la obra con cariz indicativo, representado mediante un diagrama de Gantt el cual se muestra en la página siguiente.

Como se puede observar, el plazo de ejecución de las obras del presente proyecto se fija en 94,5 horas (11,8 días) dividido en dos partes, trabajo en taller con una duración de 76 horas (9,5 días) y trabajo en obra ejecutado en 10,5 horas (4,8 días). La suma total es menor que la suma de cada una de las tareas puesto que existen algunas que se pueden realizar en paralelo.

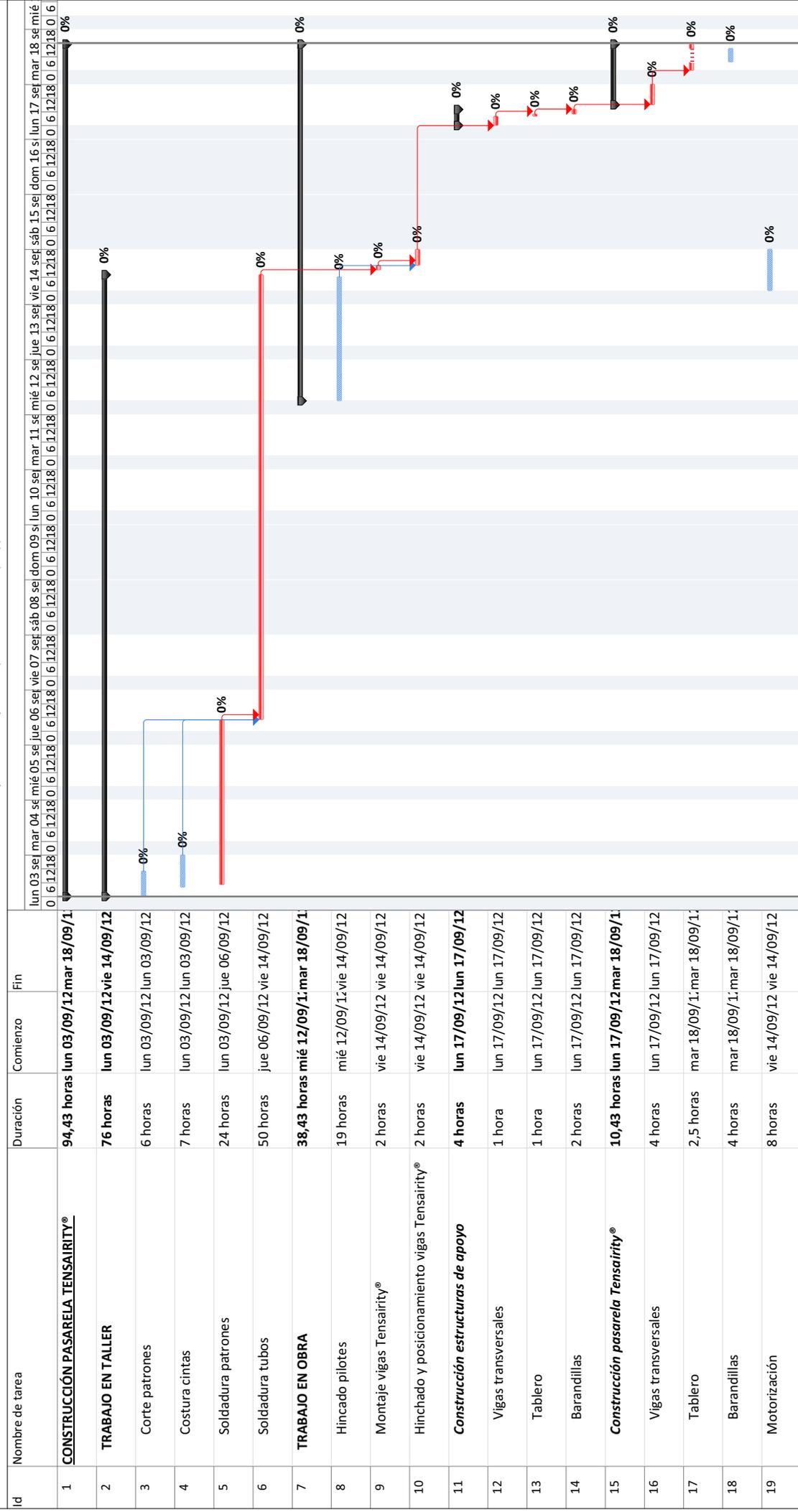
Entrando más en detalle en las tareas, el personal y maquinaria necesaria para llevarlas a cabo se comenta a continuación:

TRABAJO EN TALLER

- 1) *Corte patrones*: máquina de corte con 2 operarios que posicionan la tela y recogen los patrones obtenidos ordenándolos.
- 2a) *Costura cintas de carga*: 3 máquinas de coser con 3 trabajadores, uno en cada máquina situados uno detrás de otro cosiendo cada uno una línea de costura distinta.
- 2b y 3) *Soldadura patrones y tubo*: máquina de soldadura de alta frecuencia + 3 personas para posicionar y mover la tela.

TRABAJO EN OBRA

- 1a) *Hincado pilotes*: máquina para el hincado de pilotes + operario + 4 trabajadores para ayudar en las tareas necesarias de posicionamiento y amarre de los pilotes.
- 1b) *Montaje vigas Tensairity®*: 4 trabajadores montando una viga y después la otra
- 2) *Hinchado y posicionamiento vigas Tensairity®*: pequeña grúa o camión pluma para levantar cada viga (menos de 1 tonelada cada viga) + operario + 4 trabajadores
- 3) *Construcción estructuras de apoyo*: 4 trabajadores
- 4) *Construcción pasarela Tensairity®*: 4 trabajadores



Tareas críticas		Progreso de tarea		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
División crítica		Tarea manual		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
Progreso de tarea crítica		Sólo el comienzo		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Tarea		Sólo fin		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
División		Sólo duración		Progreso del resumen		Hito externo			

Documento nº 2

PLANOS

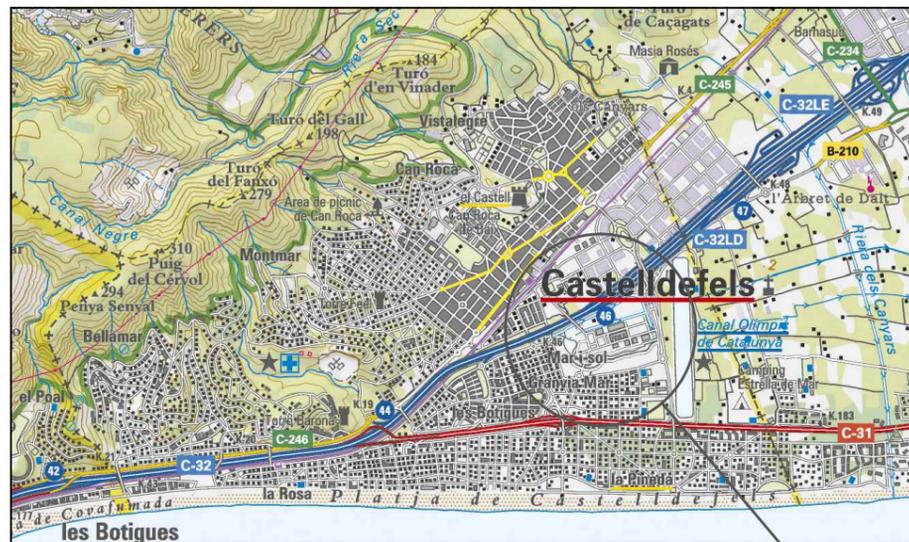
ÍNDICE DE PLANOS

- 2.1. Ubicación general**
- 2.2. Ubicación pasarela**
- 2.3. Topográfico PMT-UPC**
- 2.4. Vista general pasarela Tensairity®**
- 2.5. Alzado general**
- 2.6. Planta general**
- 2.7. Perfiles transversales generales**
- 2.8. Replanteo pilotes**
- 2.9. Patronaje tubo**
- 2.10. Definición geometría pasarela Tensairity®**
- 2.11. Definición geometría apoyos pasarela Tensairity®**
- 2.12. Definición geometría vigas pasarela Tensairity®**
- 2.13. Definición geometría vigas estructuras de apoyo**
- 2.14. Definición geometría barandillas pasarela Tensairity®**
- 2.15. Procedimiento constructivo**
- 2.16. Pasarela Tensairity® 3D**
- 2.17. Pasarela completa 3D**



Plano comarcal Catalunya

Baix Llobregat



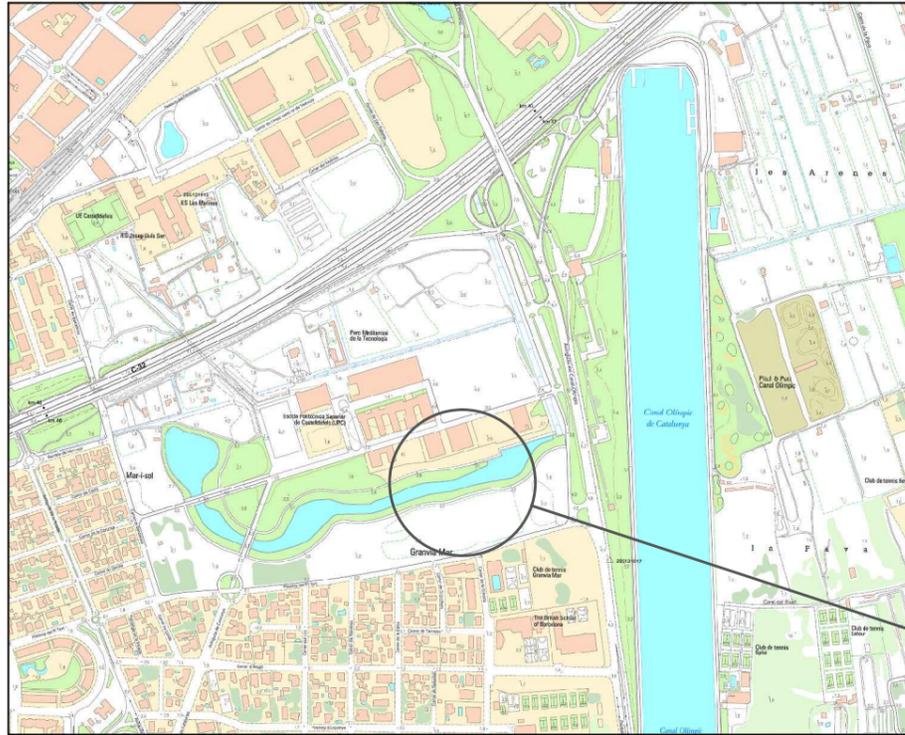
Municipi de Castelldefels

PMT-UPC



Plano comarca Baix Llobregat

Castelldefels



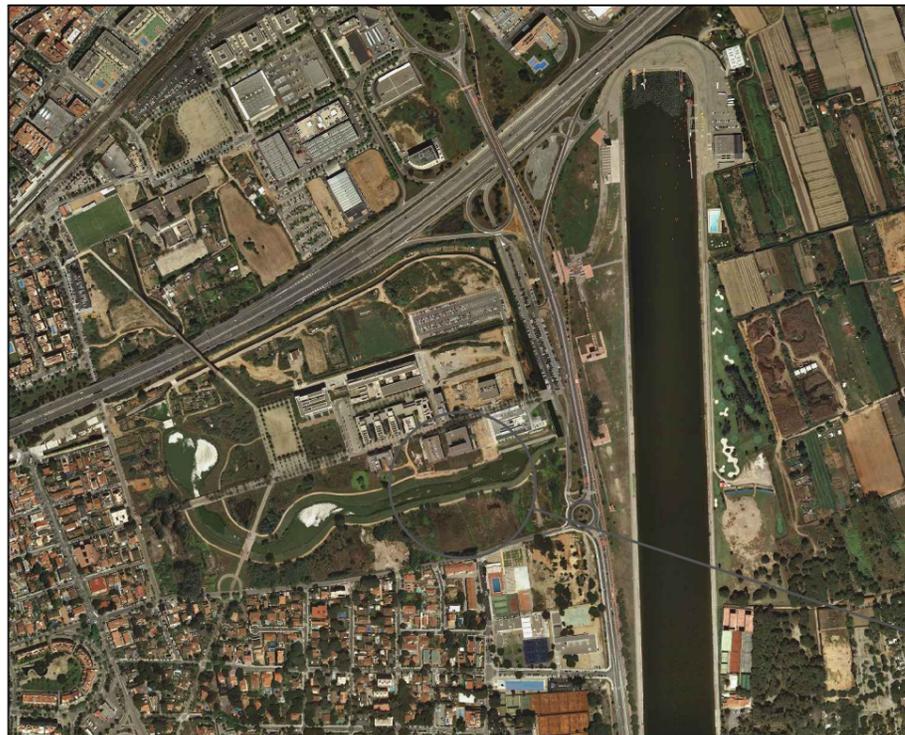
Plano del PMT-UPC de Castelldefels

Zona de actuación



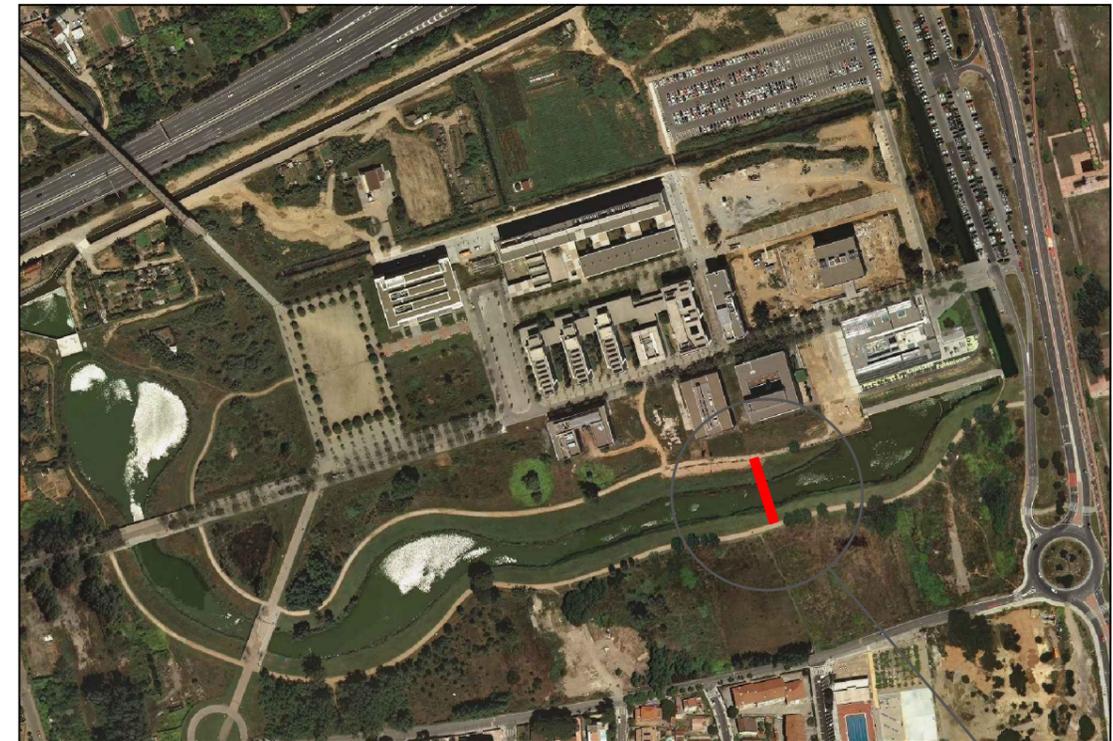
Vista aérea del PMT-UPC de Castelldefels

Ubicación pasarela



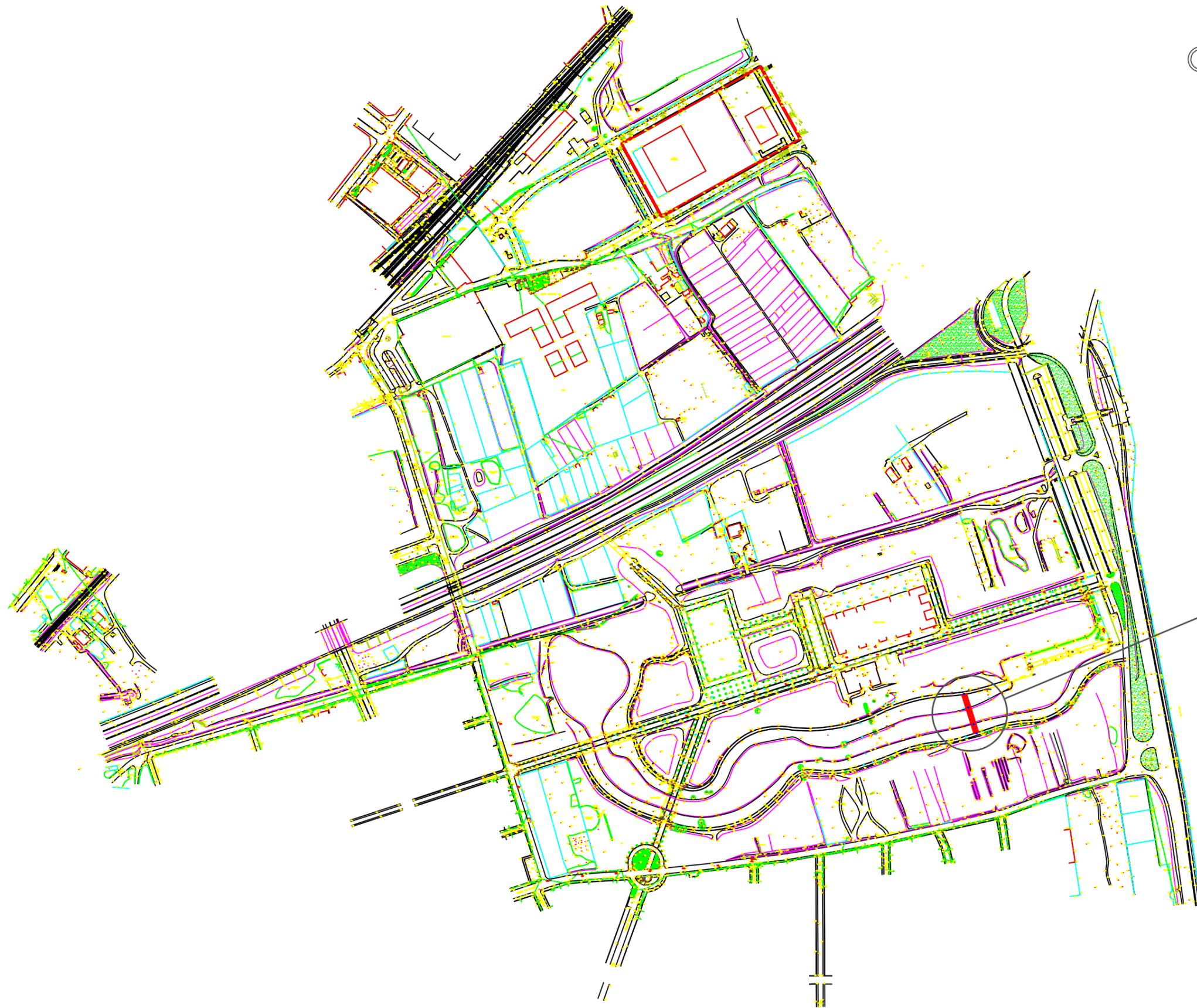
Ortofoto del PMT-UPC de Castelldefels

Zona de actuación

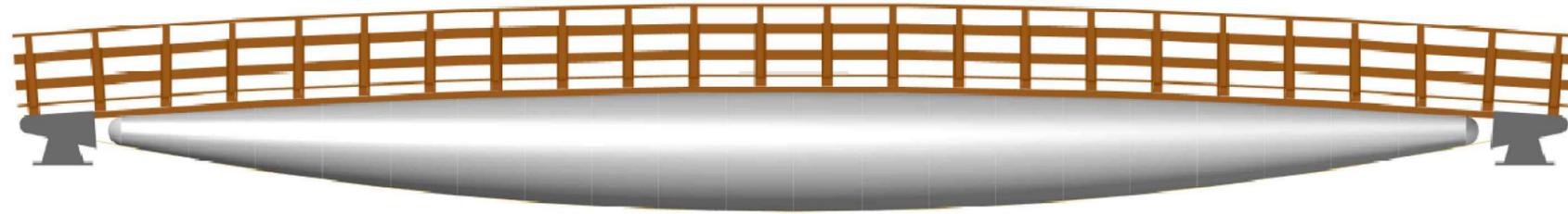


Ortofoto de la zona de actuación

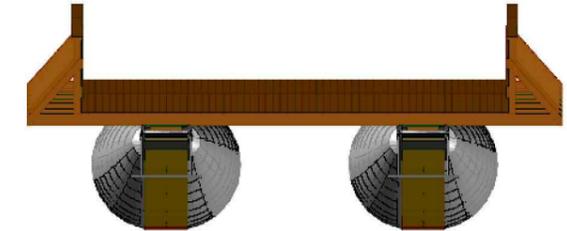
Ubicación pasarela



Ubicación pasarela



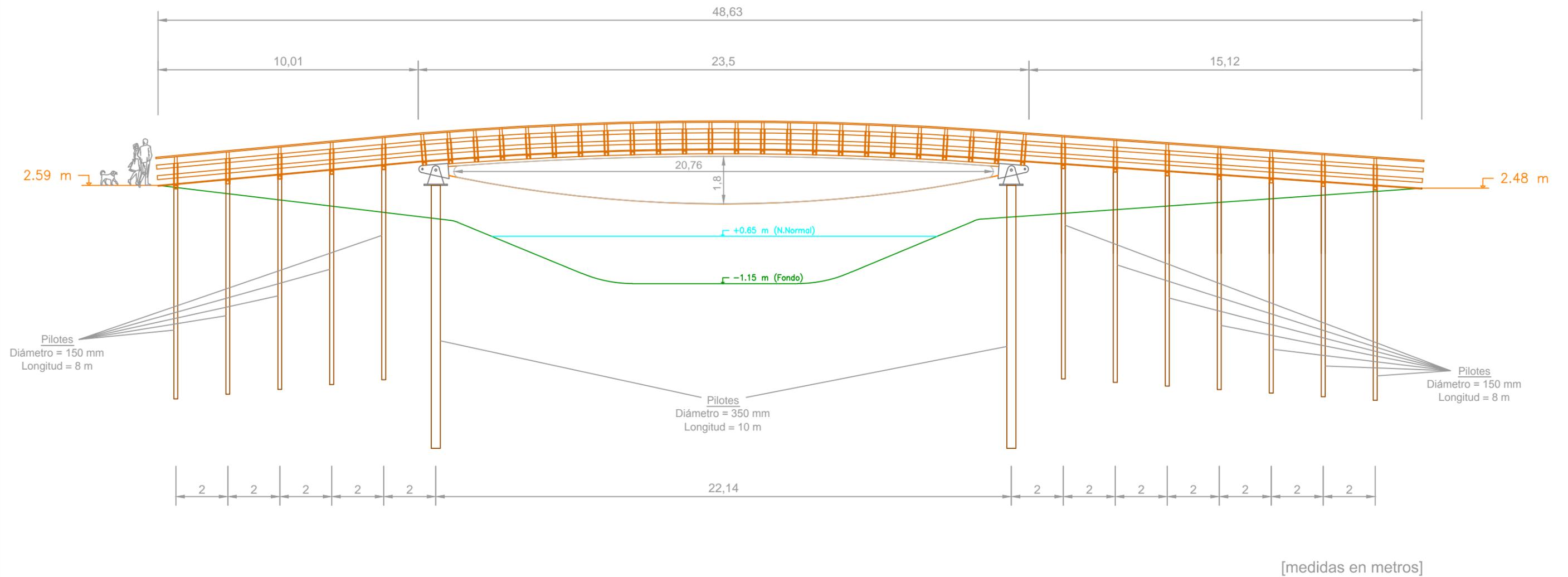
Alzado pasarela Tensairity®

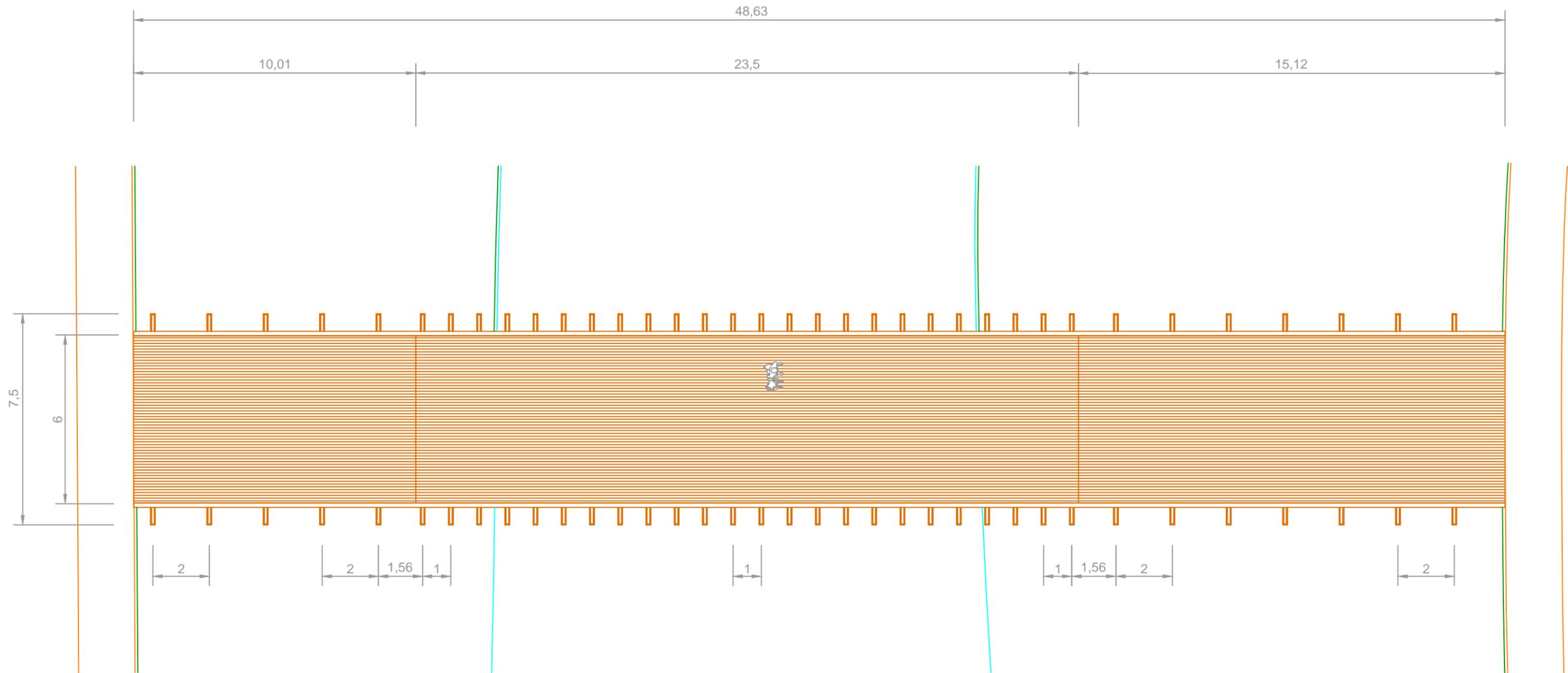


Perfil pasarela Tensairity®



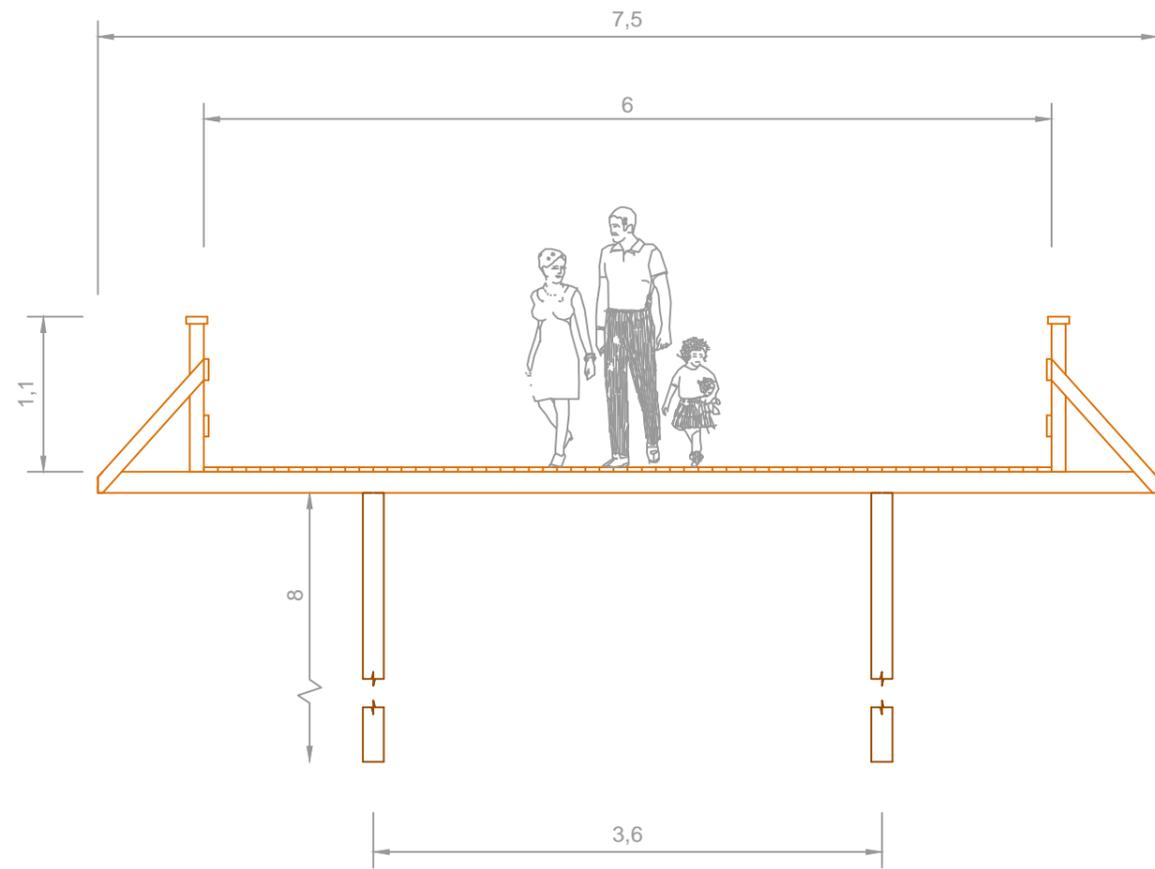
Planta pasarela Tensairity®



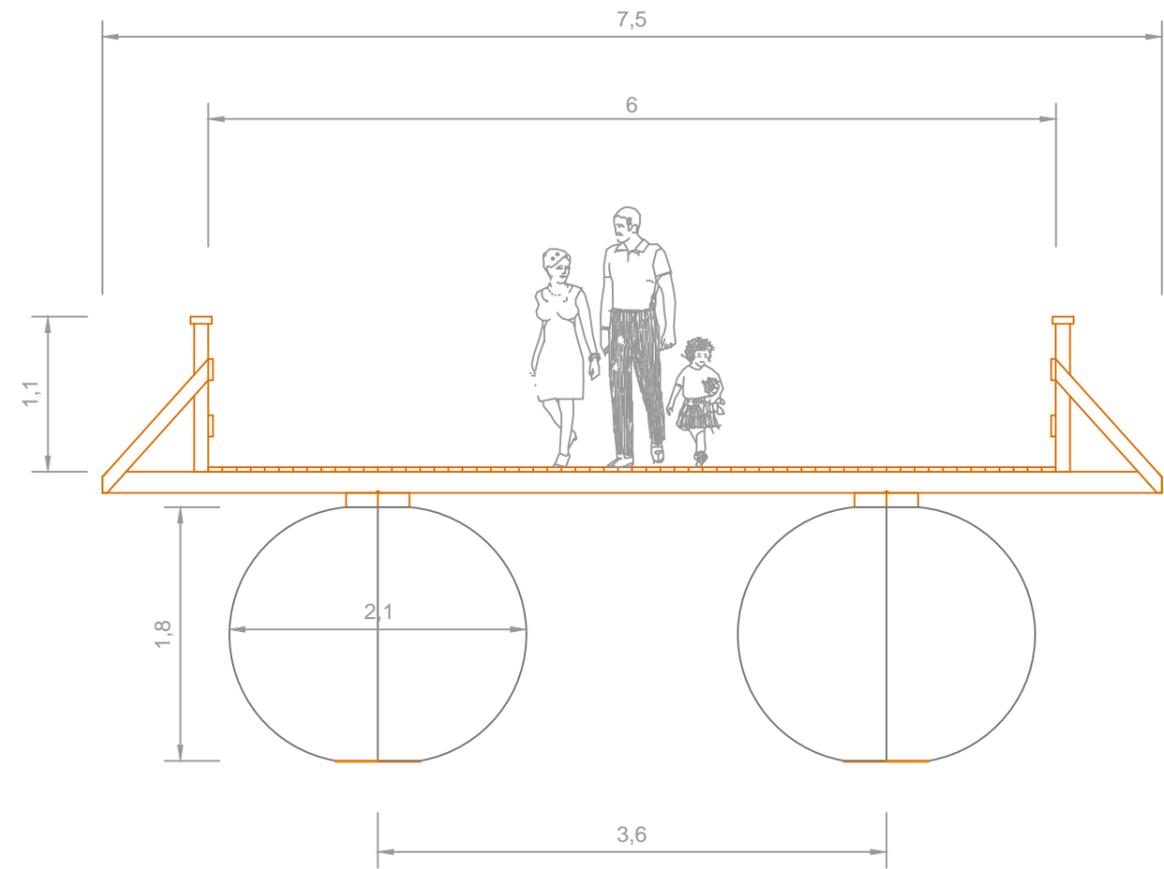


[medidas en metros]

Sección tipo de las estructuras de apoyo



Sección central de la pasarela Tensairity®



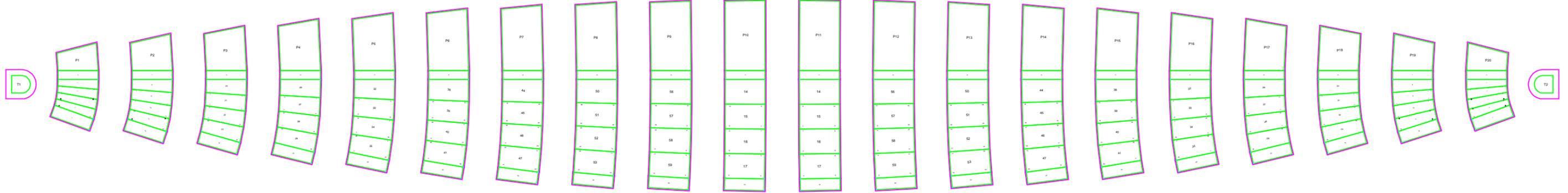
[medidas en metros]



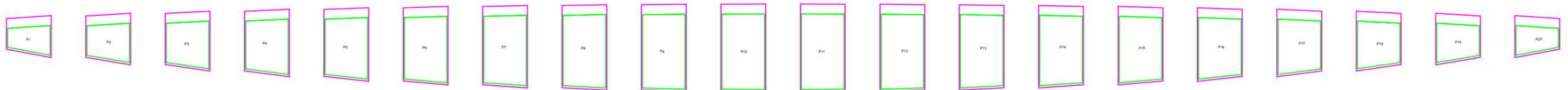
COORDENADAS UTM PILOTES (m)			
Nº PILOTE	UTMX	UTMY	Z (sup)
1	415352.673	4569915.604	2.590
2	415356.106	4569916.688	2.590
3	415359.337	4569894.487	2.590
4	415362.770	4569895.571	2.590
5	415348.459	4569928.956	2.415
6	415351.892	4569930.040	2.415
7	415349.061	4569927.049	2.551
8	415352.494	4569928.132	2.551
9	415349.663	4569925.142	2.687
10	415353.096	4569926.225	2.687
11	415350.265	4569923.234	2.823
12	415353.698	4569924.318	2.823
13	415350.867	4569921.327	2.959
14	415354.300	4569922.411	2.959
15	415351.469	4569919.420	3.095
16	415354.902	4569920.503	3.095
17	415352.071	4569917.513	3.230
18	415355.504	4569918.596	3.230
19	415359.940	4569892.579	3.196
20	415363.373	4569893.662	3.196
21	415360.542	4569890.672	3.013
22	415363.975	4569891.755	3.013
23	415361.143	4569888.764	2.830
24	415364.577	4569889.848	2.830
25	415361.745	4569886.857	2.647
26	415365.178	4569887.940	2.647
27	415362.347	4569884.950	2.465
28	415365.780	4569886.033	2.465

Señal geodésico
 UTMX 415616.437m
 UTMY 4569777.660m

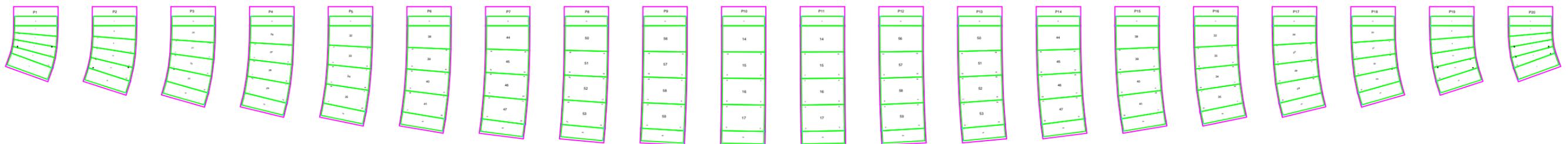
Cámaras interiores (T4 y T5)



Costilla central (T1)



Laterales tubo (T2 y T3)



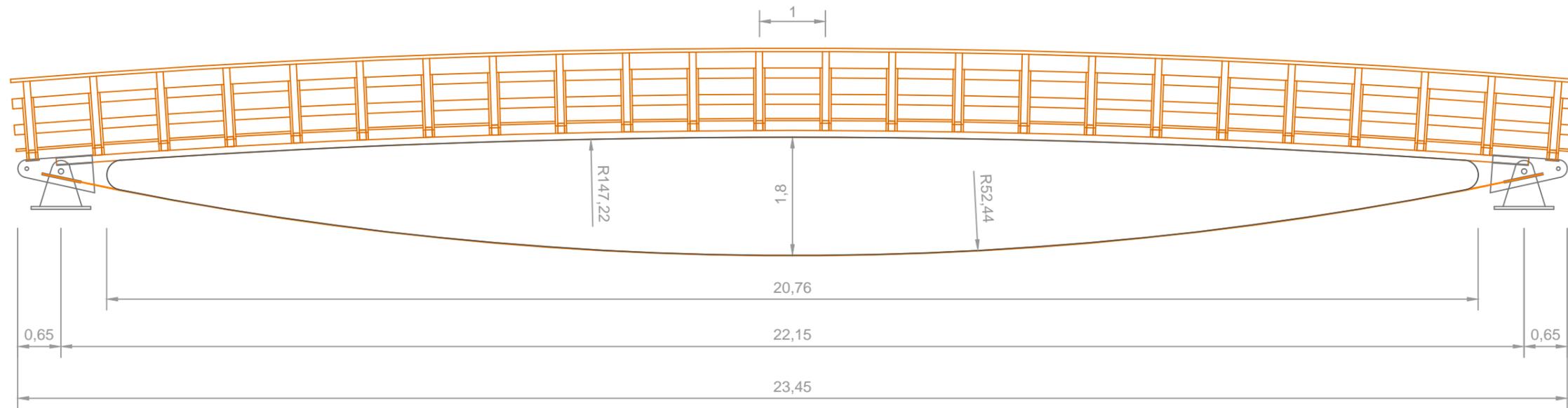
Tapas tubo



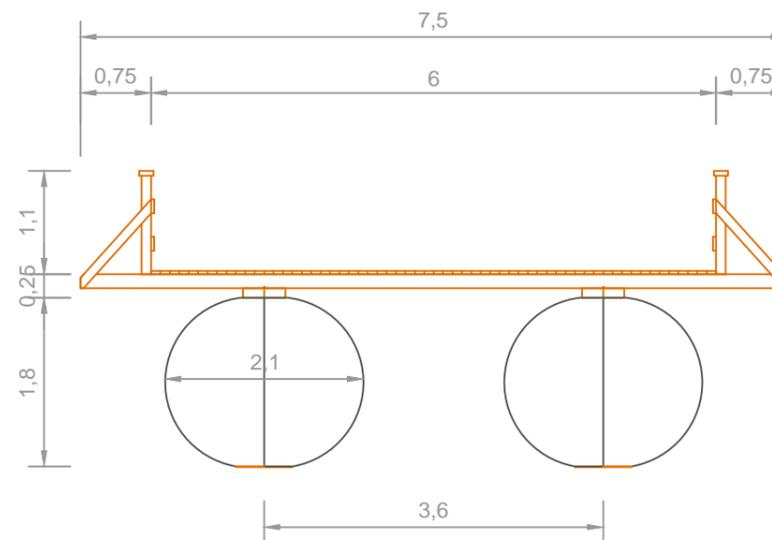
Banda elemento de tracción (T6)



Alzado general de la pasarela Tensairity®

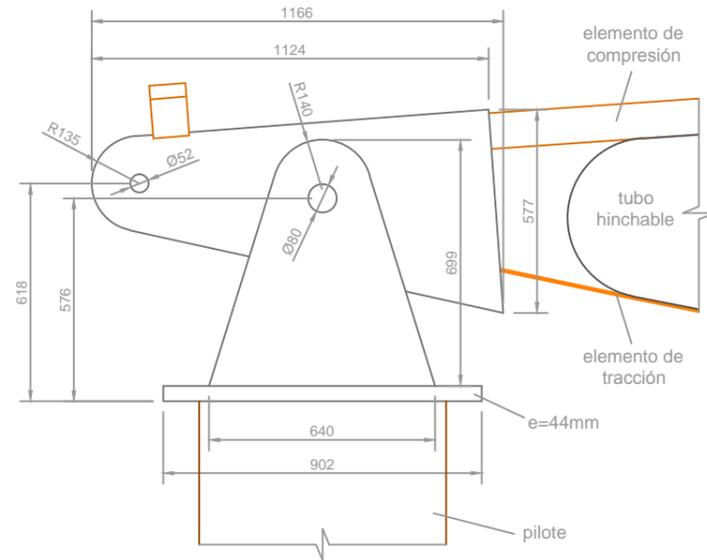


Sección central de la pasarela Tensairity®

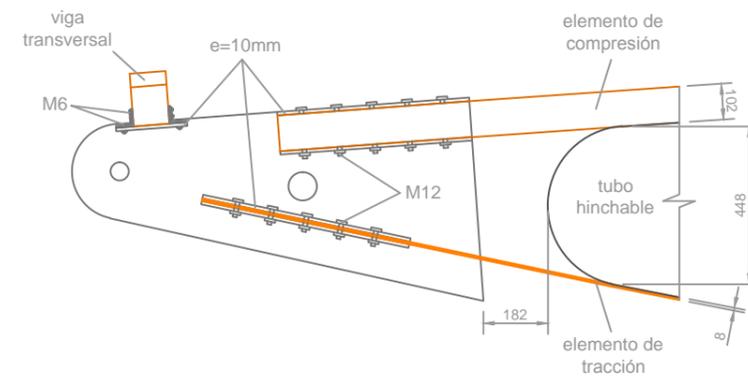


[medidas en metros]

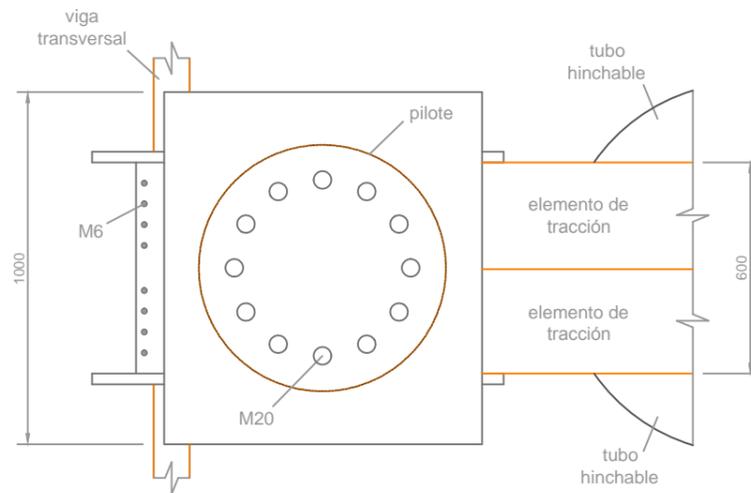
Perfil exterior



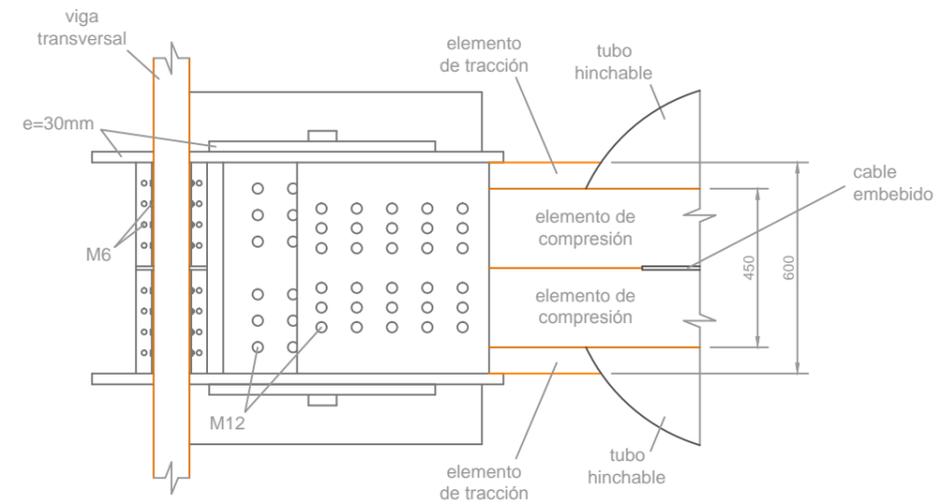
Sección central



Planta inferior



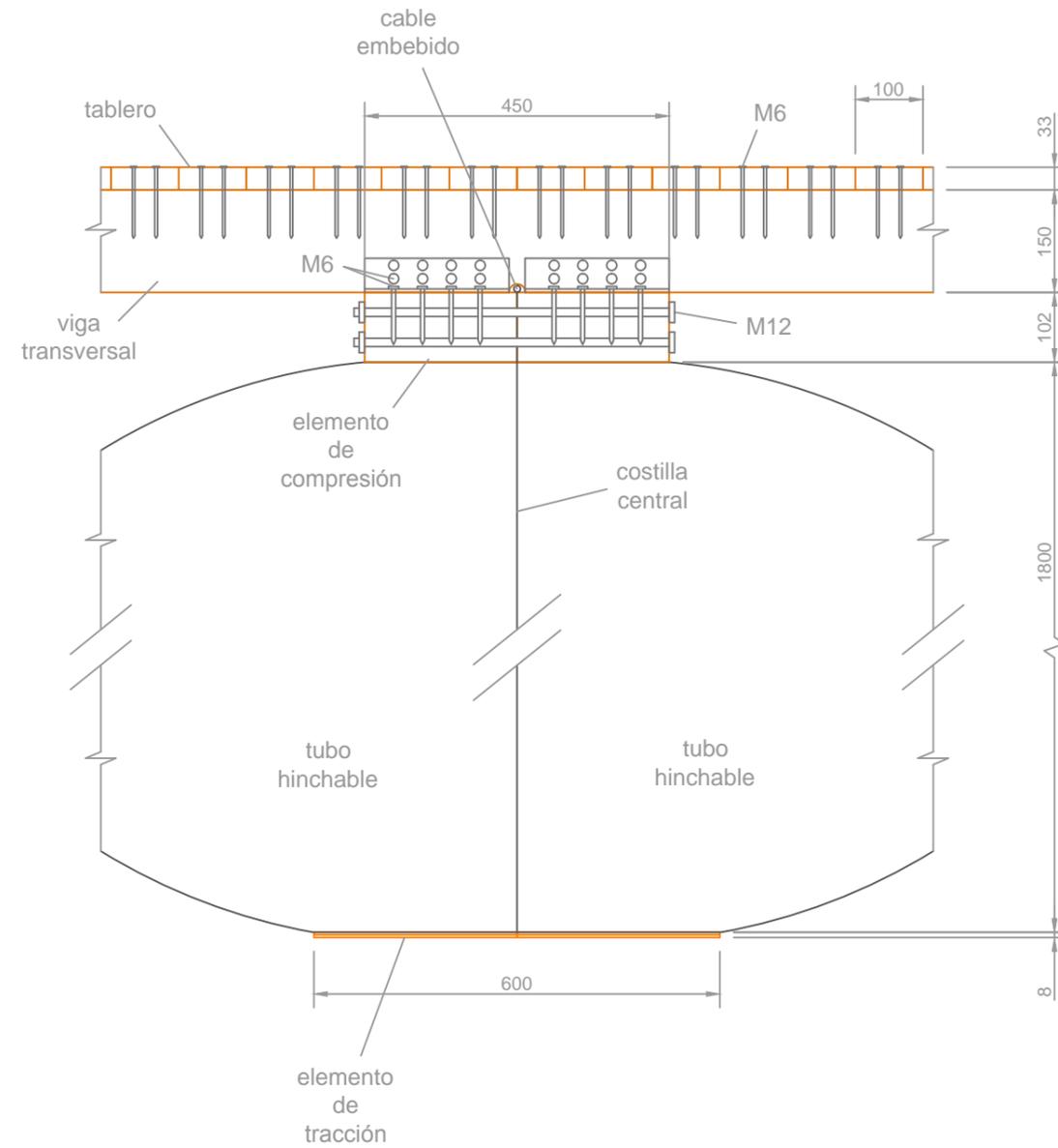
Planta superior



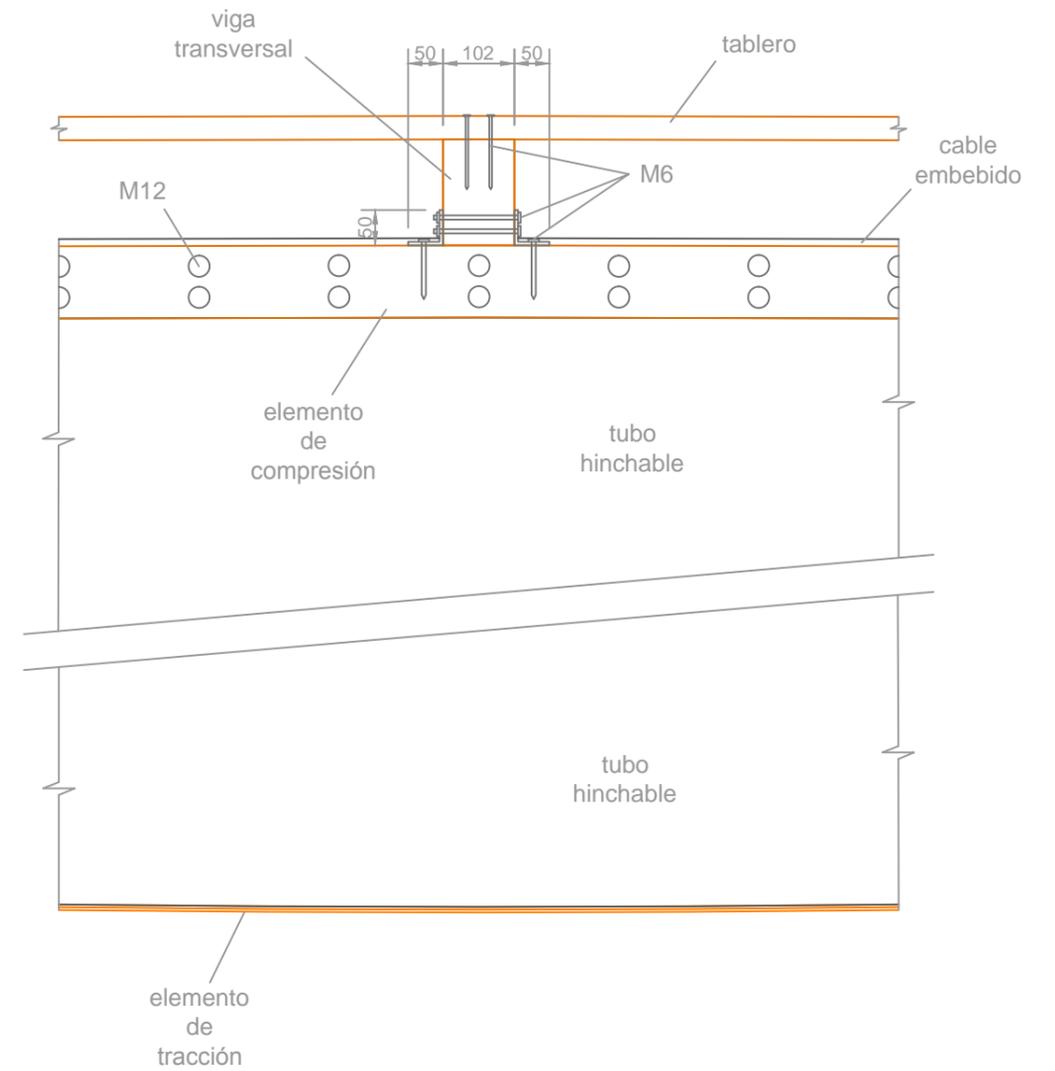
[medidas en milímetros]

SECCIÓN CENTRAL VIGAS TENSAIRITY®

Corte transversal



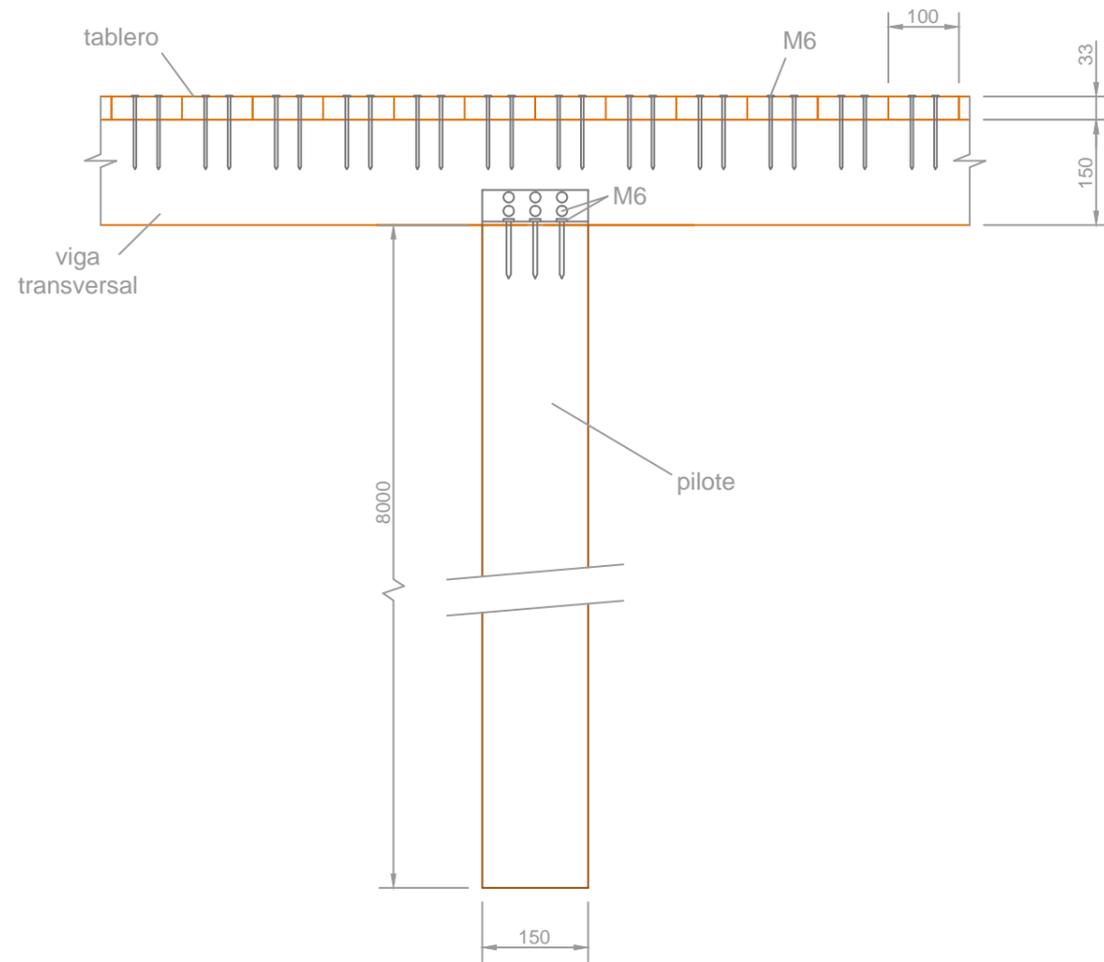
Corte longitudinal



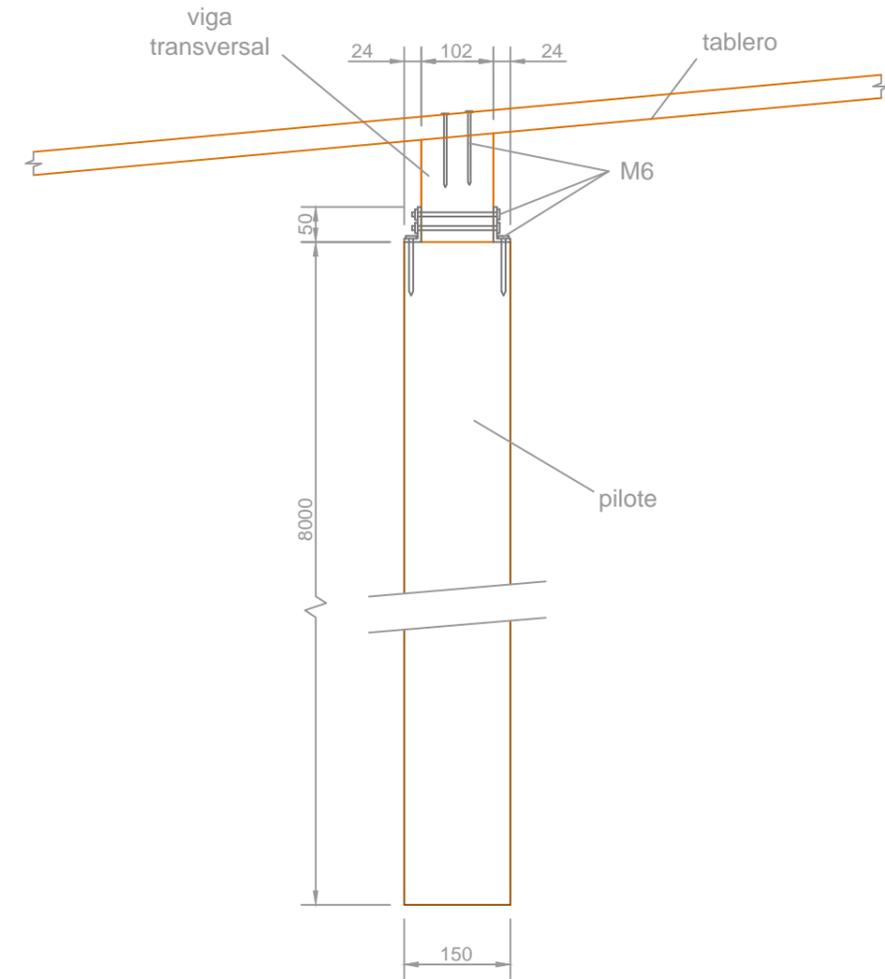
[medidas en milímetros]

SECCIÓN VIGAS ESTRUCTURAS DE APOYO

Corte transversal

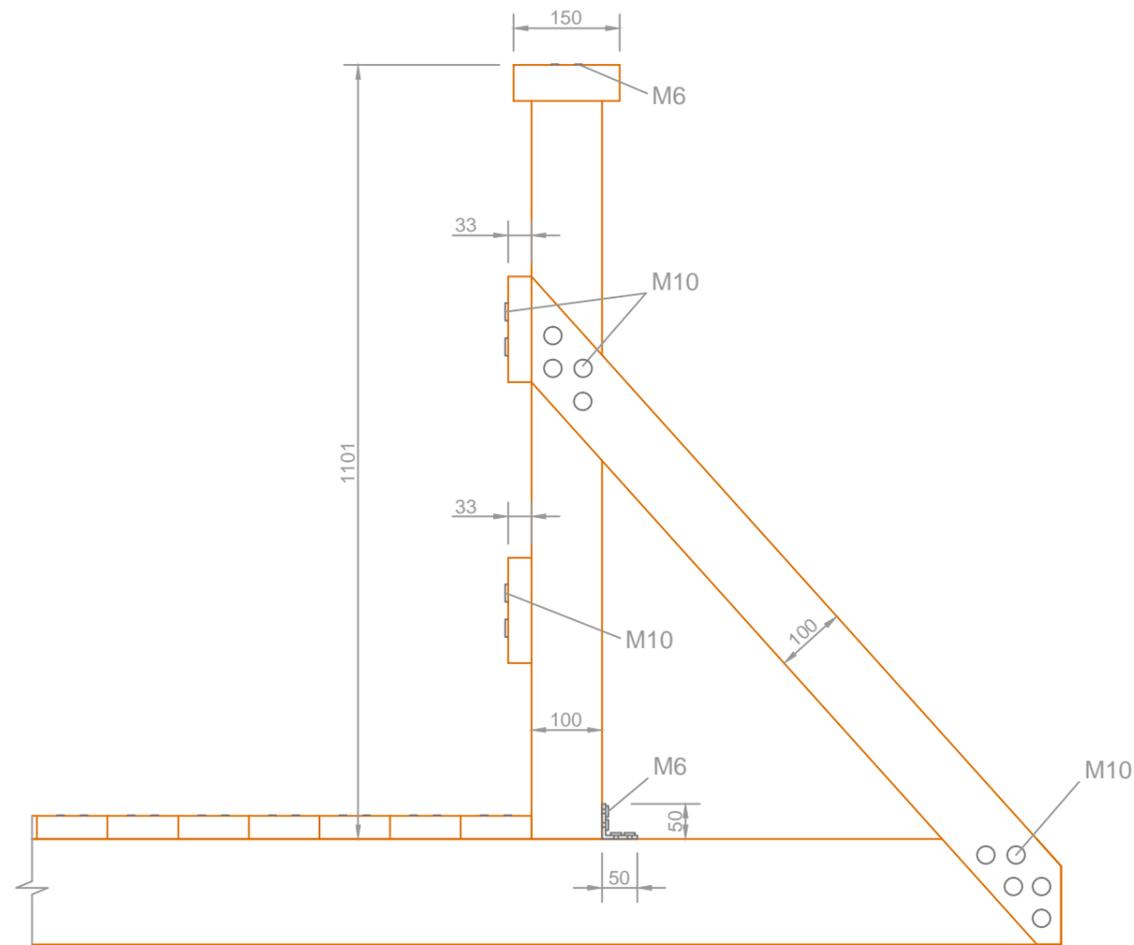


Corte longitudinal

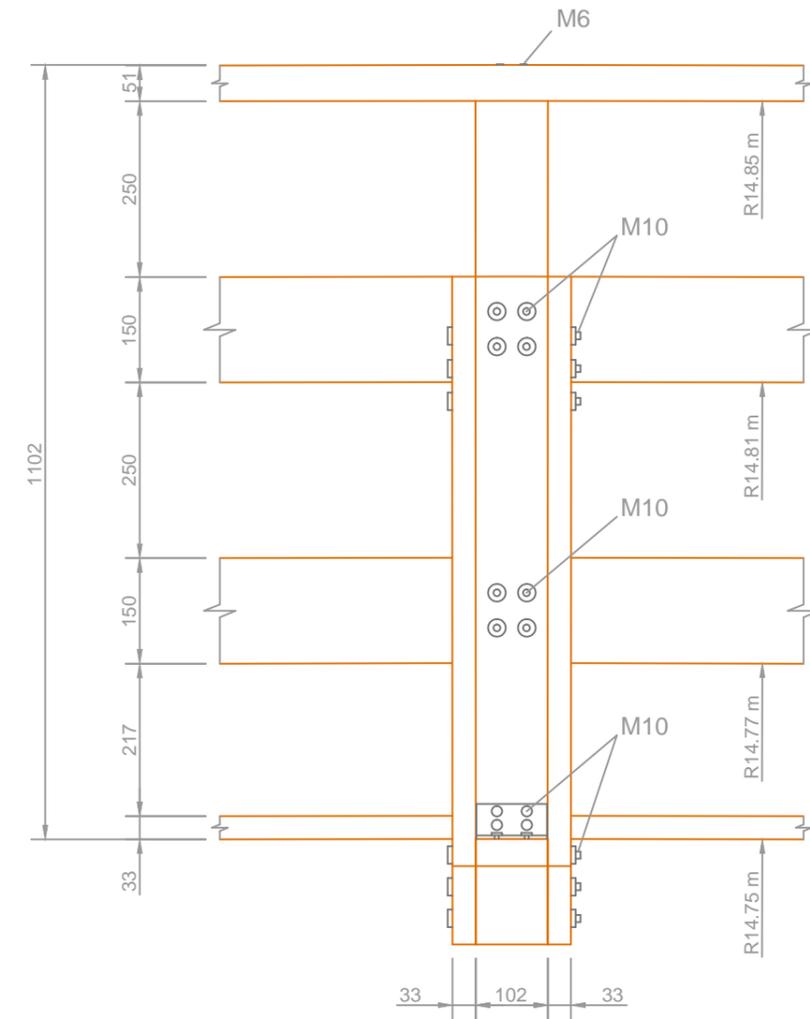


[medidas en milímetros]

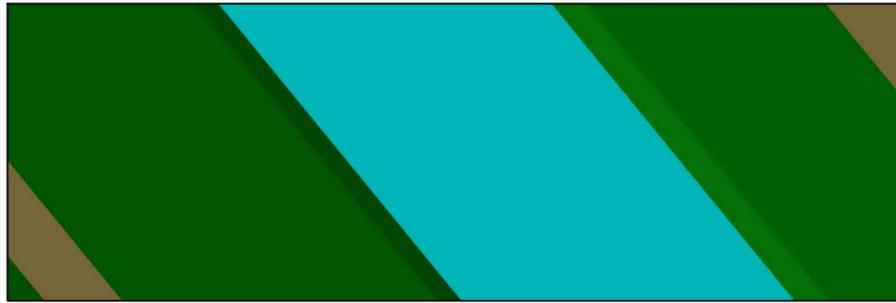
Corte transversal



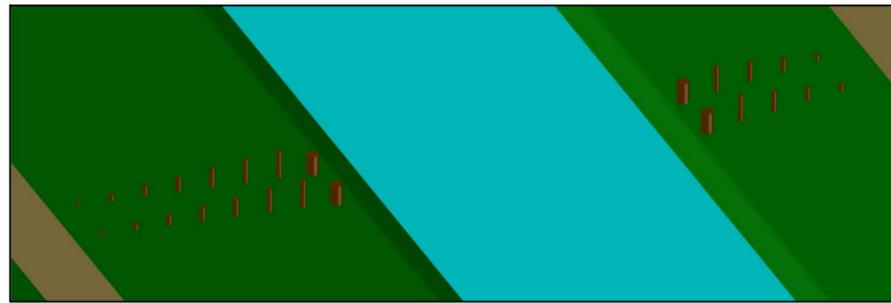
Corte longitudinal



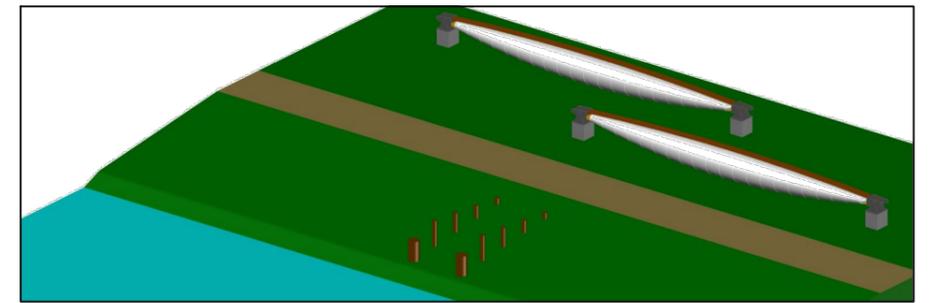
[medidas en milímetros]



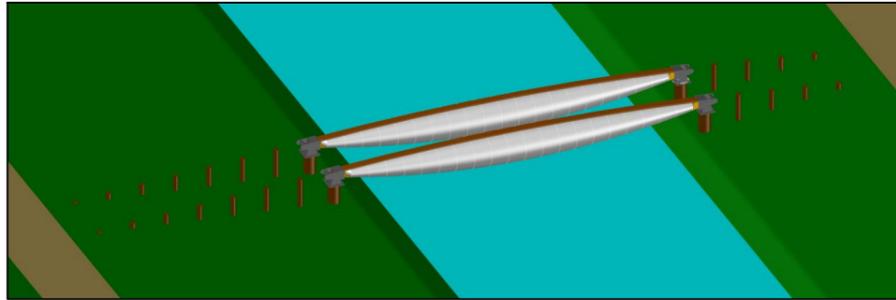
0. Situación inicial



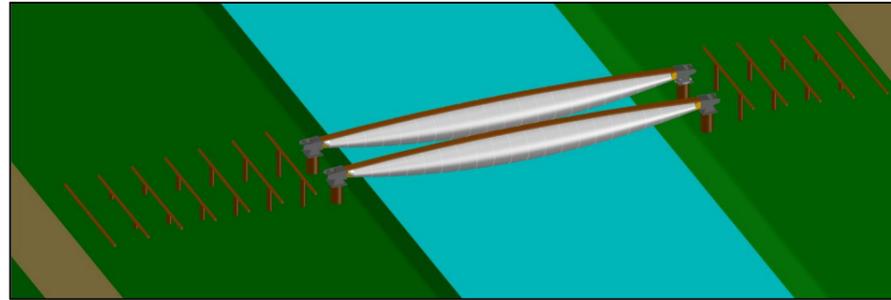
1a. Hincado pilotes



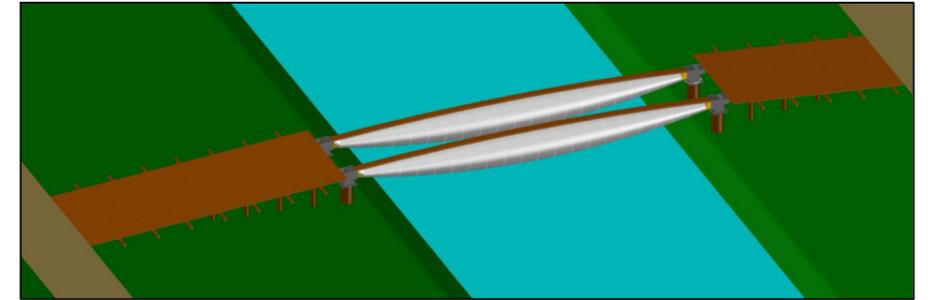
1b. Montaje vigas Tensairity®



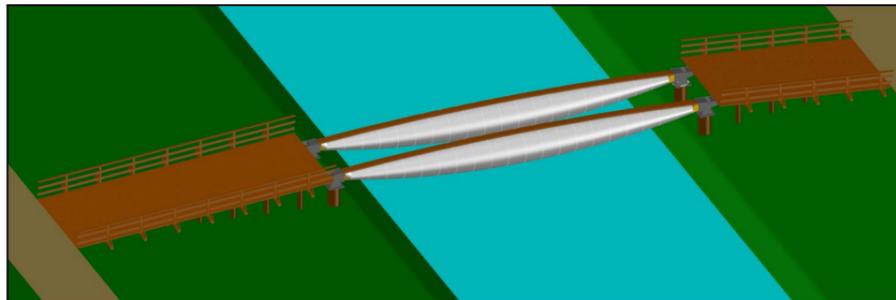
2. Hinchado y posicionamiento vigas Tensairity®



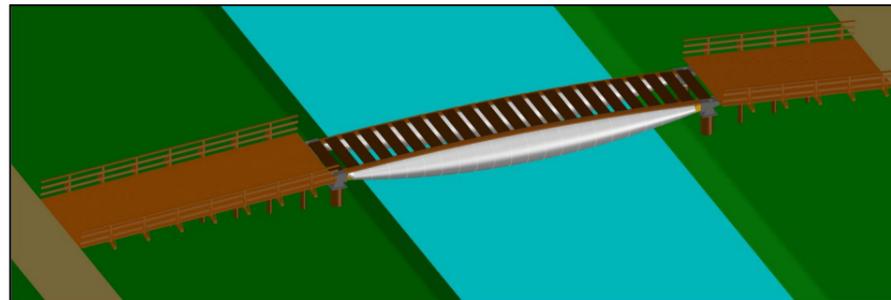
3.1. Estructuras de apoyo: vigas transversales



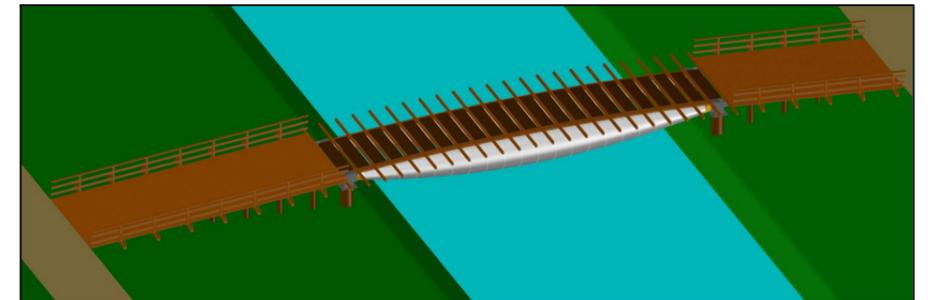
3.2. Estructuras de apoyo: tablero



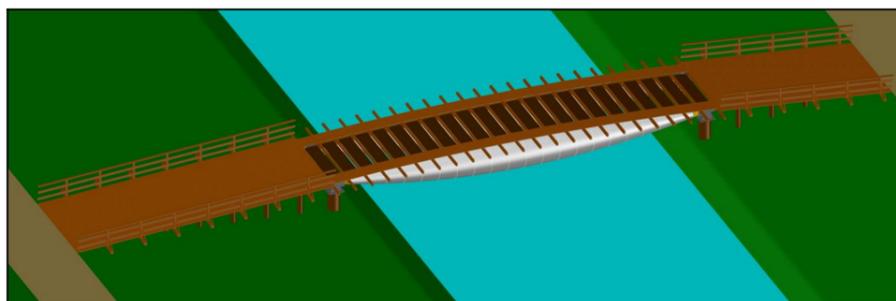
3.3. Estructuras de apoyo: barandillas



4.1. Pasarela Tensairity®: vigas transversales (fase 1)



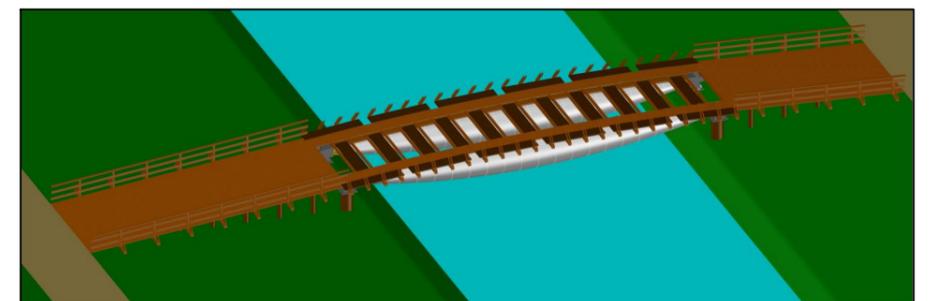
4.1. Pasarela Tensairity®: vigas transversales (fase 2)



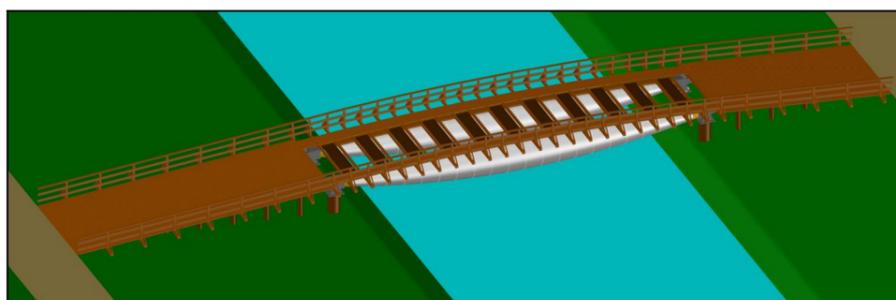
4.2. Pasarela Tensairity®: tablero (fase 1)



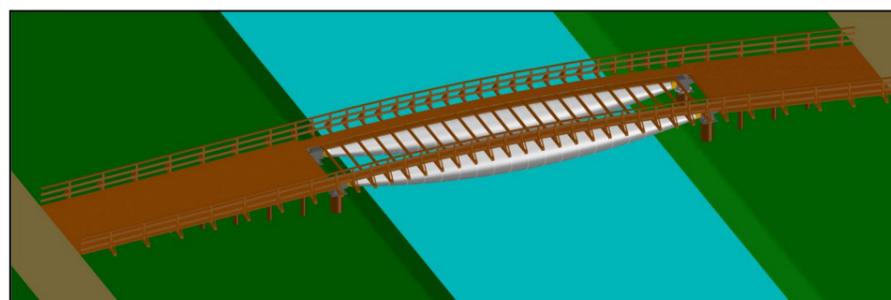
4.3. Pasarela Tensairity®: barandilla (fase 1)



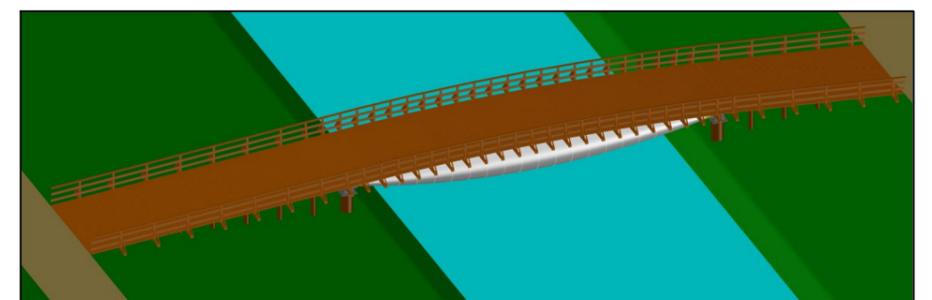
4.3. Pasarela Tensairity®: barandilla (fase 2)



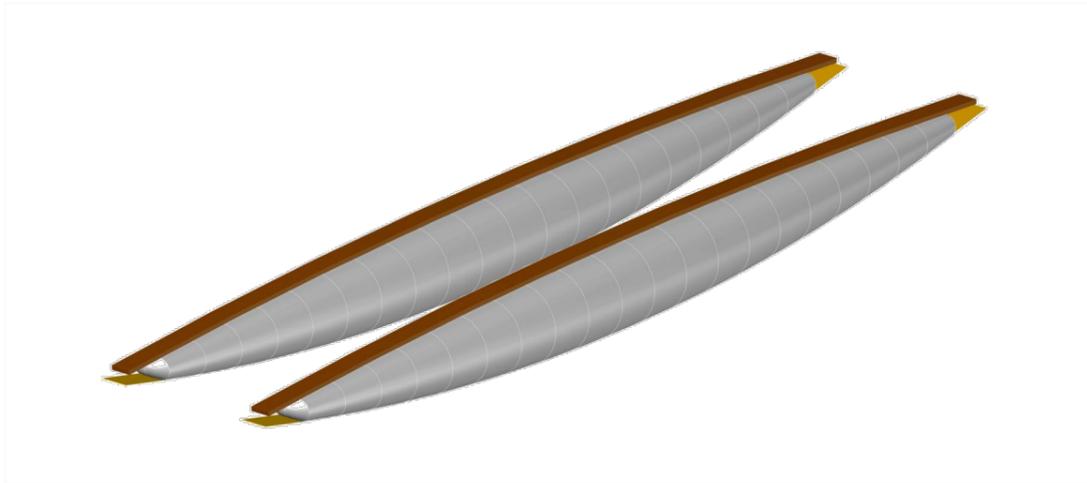
4.3. Pasarela Tensairity®: barandilla (fase 3)



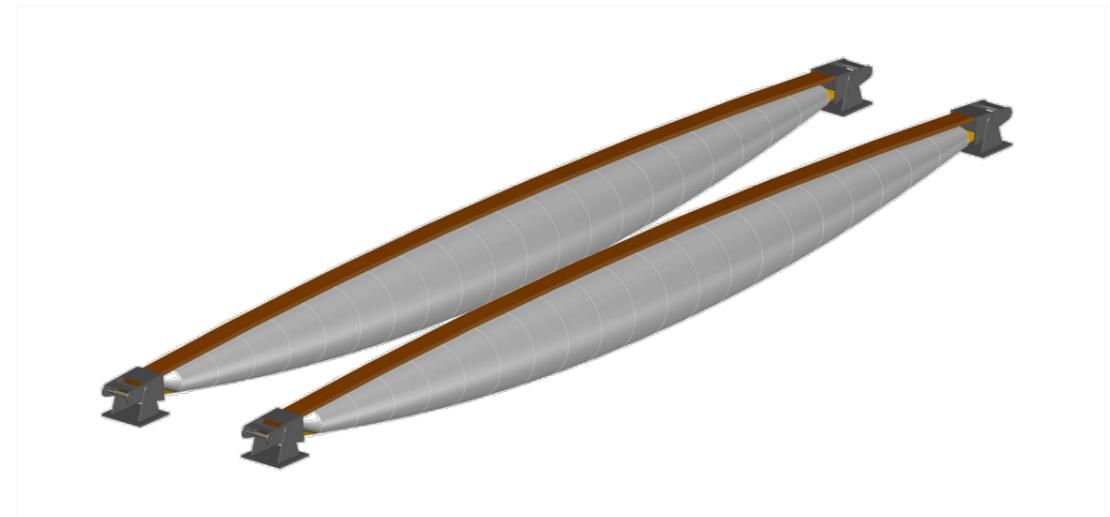
4.4. Pasarela Tensairity®: tablero (fase 2)



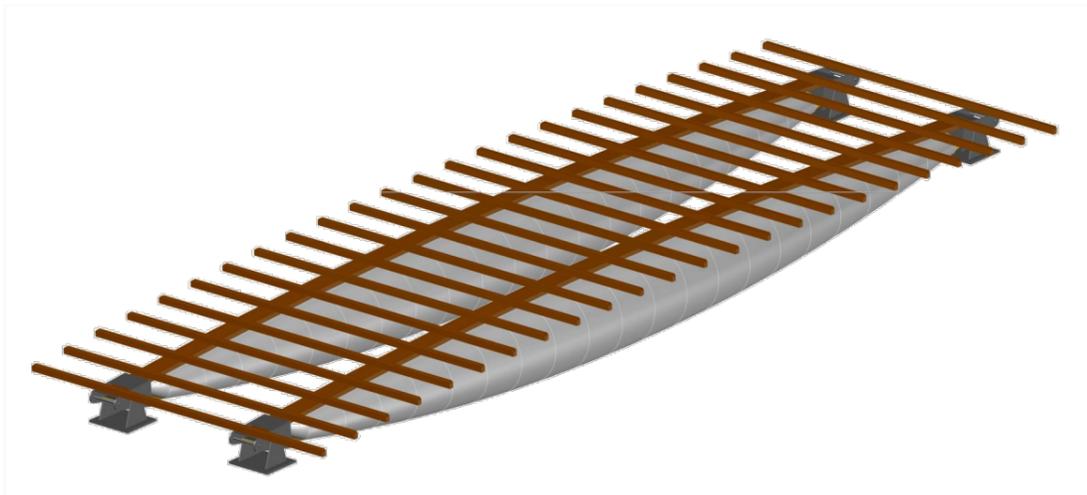
4.4. Pasarela Tensairity®: tablero (fase 3)



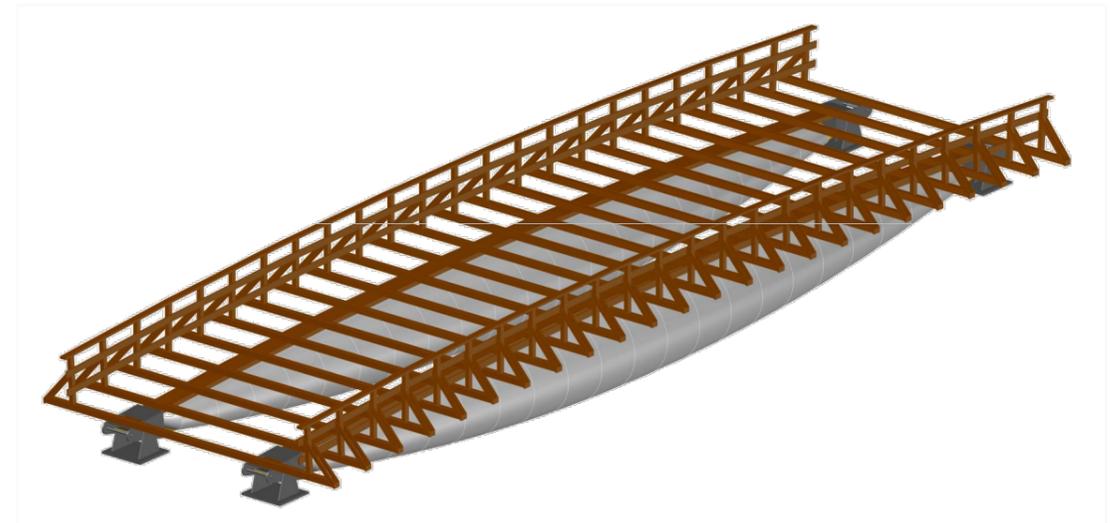
1. Vigas Tensairity® sin apoyos (tubo + elemento de tracción + elemento de compresión)



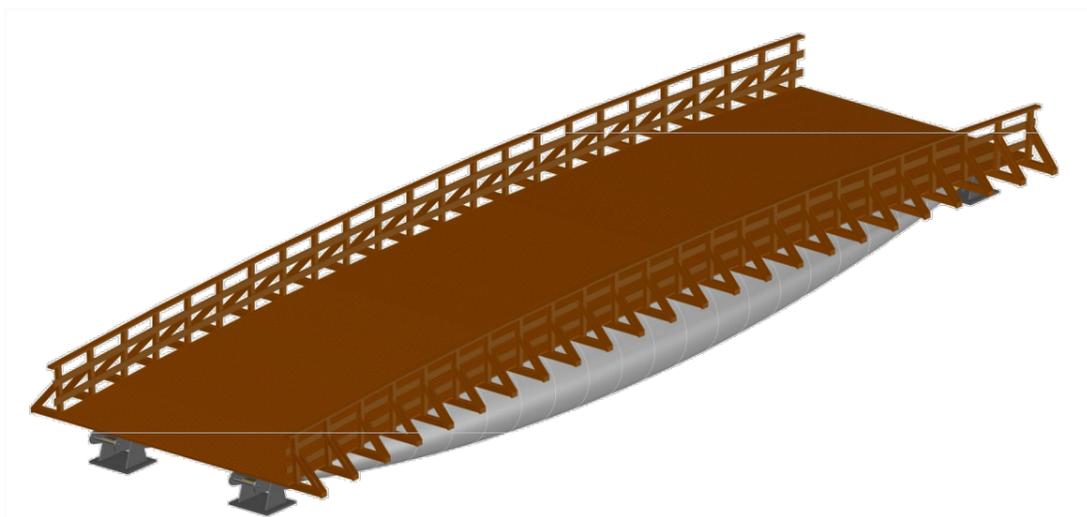
2. Vigas Tensairity® + apoyos de acero



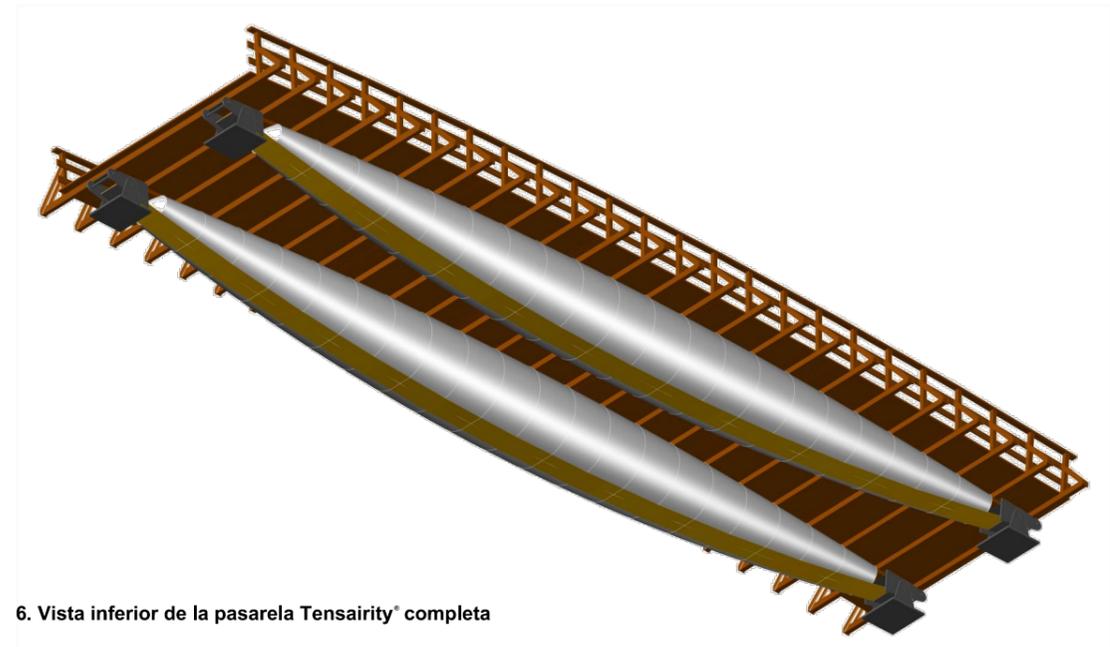
3. Vigas Tensairity® + apoyos + vigas transversales de madera



4. Vigas Tensairity® + apoyos + vigas transversales + barandillas de madera



5. Vigas Tensairity® + apoyos + vigas transversales + barandillas + tablero de madera (pasarela Tensairity® completa)



6. Vista inferior de la pasarela Tensairity® completa



Documento nº 3

PLIEGO DE

PRESCRIPCIONES

TÉCNICAS

ÍNDICE

1. Aspectos generales	4
1.1. Objeto	4
1.2. Ámbito de aplicación	4
1.3. Instrucciones, normas y disposiciones aplicables	4
1.4. Descripción de las obras	6
1.5. Dirección de obra	8
1.6. Desarrollo de las obras	11
1.6.1. Replanteos. Acta de comprobación del replanteo	11
1.6.2. Planos de obra	11
1.6.3. Programas de trabajos	12
1.6.4. Control de calidad	14
1.6.5. Medios del contratista para la ejecución de los trabajos	15
1.6.6. Información a preparar por el contratista	16
1.6.7. Mantenimiento y regulación del tránsito durante las obras	16
1.6.8. Seguridad y salud al trabajo	16
1.6.9. Afectaciones al medio ambiente	17
1.6.10. Vertederos	18
1.6.11. Ejecución de las obras no especificadas en este pliego	18
1.7. Medición y abono	18
1.7.1. Medición de las obras	18
1.7.2. Abono de las obras	18
2. Materiales	20
2.1. Elementos textiles vigas Tensairity®	20
2.1.1. Generalidades	20
2.1.2. Uniones de textiles	21
2.2. Maderas	22
2.2.1. Madera para estructura y superestructuras	22
2.2.2. Madera para pilotes	24
2.3. Acero inoxidable para apoyos vigas Tensairity®	25

3. Unidades de obra	26
3.1. Aspectos generales	26
3.2. Trabajos iniciales	26
3.2.1. Replanteo	26
3.2.2. Acceso a las obras	27
3.2.3. Instalaciones auxiliares de obra y obras auxiliares	28
3.2.4. Maquinaria y medios auxiliares	29
3.3. Elementos realizados en taller	30
3.3.1. Conjuntos montados en la obra	30
3.3.2. Uniones	30
3.3.3. Control de calidad e inspección	31
3.4. Cimentaciones por pilotes de madera hincados a percusión	32
3.4.1. Definición	32
3.4.2. Estudio de ejecución del pilotaje	33
3.4.3. Programa de trabajos	33
3.4.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras	34
3.4.5. Ejecución de las obras	34
3.4.6. Tolerancias en la posición de los pilotes	39
3.4.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad	39
3.5. Estructuras de madera	40
3.5.1. Características técnicas de cada unidad de obra	40
3.5.2. Proceso de ejecución	40
3.5.3. Control de ejecución, ensayos y pruebas	46
3.6. Elementos de señalización y balizamiento	48
3.6.1. Marcas viales	48
3.6.2. Señalización	49
3.7. Seguridad vial y desvíos provisionales	50
4. MEDICIÓN Y ABONO	53
4.1. Vigas Tensairity®	53
4.1.1. Tejido para tubo hinchable	53
4.1.2. Cinta textil para elemento de tracción	53
4.1.3. Madera para elemento de compresión	53
4.1.4. Acero para apoyos	53

4.2. Cimentaciones por pilotes de madera hincados a percusión	54
4.3. Estructuras de madera	54
4.3.1. Estructura	54
4.3.2. Uniones	54
4.4. Señalización y balizamiento	55
4.5. Seguridad vial y desvíos provisionales	55

1. Aspectos generales

1.1. Objeto

El presente pliego de prescripciones técnicas tiene por objeto:

- ✓ Organizar de manera conveniente la ejecución de las obras
- ✓ Fijar las características de los materiales a utilizar en la misma
- ✓ Establecer el correcto desarrollo del proceso de ejecución
- ✓ Determinar el modo y manera de la realización de las mediciones y abonos de las obras realizadas

Todas estas disposiciones son la norma y guía a las que deberán ceñirse el contratista y el director de obra.

1.2. *Ámbito de aplicación*

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, será de aplicación a la construcción, control, dirección e inspección de las obras correspondientes al Proyecto “*PUENTE TENSAIRITY® PARA PASARELA PEATONAL EN EL PMT-UPC DE CASTELLDEFELS*”.

1.3. *Instrucciones, normas y disposiciones aplicables*

Será de aplicación el acuerdo del Gobierno de la Generalitat de Catalunya de 9 de junio de 1998 (DOGC de 03/08/1998), por el cual se fijan los criterios para la utilización en obra pública de determinados productos utilizados en la construcción.

Según el citado acuerdo, se exige que los productos, correspondientes a las familias de materiales que se citan a continuación, si están incluidos en los pliegos de condiciones de este proyecto, sean de la calidad certificada o puedan acreditar un nivel de calidad equivalente, según las normas aplicadas a los estados miembros de la Unión Europea o de la Asociación Europea de Libre Cambio.

También se procurará, en su caso, que los citados materiales dispongan de la etiqueta ecológica europea, regulada en el Reglamento 880/1992/CEE o bien otros distintivos de la Comunidad Europea.

Serán de aplicación, en su caso, como supletorias y complementarias a las establecidas en este Pliego, las Disposiciones que a continuación se especifican, siempre que no modifiquen ni se opongan a aquello que en él se especifica:

- ✓ IAP-11, Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (2011)
- ✓ EUROCÓDIGO 5, Proyecto de estructuras de madera (2006)
- ✓ UNE-EN 13782, Estructuras temporales (2007)
- ✓ Decreto 135/1995 de 24 de marzo, de despliegue de la Ley 20/1991 de 25 de noviembre, de promoción de la accesibilidad y de supresión de barreras arquitectónicas, y de aprobación del código de accesibilidad, de Cataluña
- ✓ Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.
- ✓ Norma de construcción sismorresistente : parte general y edificación NCSE-02, RD 997/02 de 27 de septiembre (B.O.E. de 11 de octubre de 2002)
- ✓ Norma de construcción sismorresistente : parte general y edificación NCSP-07, RD 637/07, de 18 de mayo
- ✓ Instrucción 8.3-IC “Señalización de obra”, de 31 d’agosto de 1987.
- ✓ Orden circular 301/89 T sobre señalización de obra.
- ✓ Reglamento de seguridad en el trabajo en la industria de la construcción y obras públicas (orden ministerial del 1 de abril del 64)
- ✓ Directiva 92/57/CEE de 24 de junio (DO: 26/08/92)
- ✓ Transposición de la Directiva 92/57/CEE sobre obligatoriedad de inclusión de Estudio de Seguridad e Higiene en proyectos de edificación y obras públicas.
- ✓ LEY 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.

El contratista está obligado al cumplimiento de todas las instrucciones, pliegos o normas de toda índole promulgadas por la administración del estado, de la autonomía, ayuntamiento y otros organismos competentes, que tengan aplicación a los trabajos que

se deben realizar, tanto si son citados o no lo son en la relación anterior, quedando a decisión del director de obra resolver cualquier discrepancia que pueda haber respecto el que dispone este Pliego.

1.4. Descripción de las obras

La pasarela peatonal objeto de este proyecto está compuesta por dos partes bien diferenciadas, una pasarela Tensairity® que cruza la laguna de laminación y dos estructuras de madera a modo de embarcaderos, una a cada lado de la pasarela y donde se apoya ésta, con la longitud necesaria para alcanzar los caminos que bordean el trazado de la laguna.

La pasarela tiene una longitud total de 23,5 metros (distancia entre apoyos 22,15 m) y una anchura de 7,5 metros (anchura libre circulable para peatones de 6 metros). Se compone de una parte estructural básica compuesta por dos vigas Tensairity® paralelas entre sí separadas una distancia de 3,6 m entre ejes, las cuales sirven de soporte al resto de la pasarela. El pendiente máximo es menor del 8%, el cual está limitado por la normativa de accesibilidad.

Tal y como se detalla en la documentación básica adjunta, las vigas Tensairity® están formadas por 3 elementos:

- Un tubo hinchable de PVC de 20,75 m de longitud y unas dimensiones en su sección central de 1,80 m de altura y 2,10 m de anchura. Para respetar la limitación de pendiente máximo, la parte superior del tubo en el centro está situada 0,47 m por encima del eje de sustentación de la pasarela, mientras que la parte inferior queda 1,33 m por debajo. El tubo está formado por 2 cámaras de aire independientes en dirección longitudinal, separadas por una sección de tejido central que, a parte de dividir el tubo en dos partes iguales, ayuda a pretensarlo dando una mayor rigidez inicial.
- Un elemento de compresión de madera de 22,3 m de longitud y una sección transversal de 450 mm x 102 mm, situado longitudinalmente sobre el tubo.

- Un elemento de tracción compuesto por cintas de carga de poliéster de una longitud de 22,9 m y una sección de 600 mm x 7,6 mm, situado a lo largo de la longitud del tubo por su parte inferior.

Las vigas Tensairity® se sitúan sobre las estructuras de madera a ambos lados de la laguna mediante unos apoyos fabricados mediante placas de acero soldadas. Estos apoyos sirven a su vez para fijar los elementos de tracción y compresión por sus extremos y formar así la viga para que trabaje en conjunto uniformemente. El peso de cada una de las vigas es de unos 750 kg sin contar los apoyos.

El resto de la estructura de la pasarela está construido en madera, y se compone de las siguientes partes, con un peso total de unos 4400 kg:

- Vigas transversales de 7,5 m de longitud situadas cada metro transversalmente a las dos vigas Tensairity®, con una sección de 102 mm x 150 mm.
- Un tablero formado por lamas de sección 100 mm x 33 mm situadas sobre las vigas transversales, en dirección paralela a las vigas Tensairity®, con una superficie total a cubrir de 23,5 m x 6,0 m.
- Barandillas formadas por elementos verticales de 1,05 m de altura y sección transversal 102 mm x 100 mm, fijadas a las vigas transversales mediante elementos diagonales de 1,21 m de longitud y sección 33 mm x 100 mm. Sobre estos elementos se coloca un pasamanos de 150 mm x 51 mm y longitud 23,7 m, así como dos láminas más entre el pasamanos y el tablero para evitar caídas, ambas de 33 mm x 150 mm.

Las estructuras de madera donde se apoya la pasarela Tensairity® son dos: lado norte y lado sur. La estructura del lado norte tiene una longitud de 17,1 m medida desde el apoyo de la pasarela hasta el extremo del camino que bordea la laguna, mientras que la del lado sur mide 11,4 m. Ambas estructuras mantienen un pendiente máximo menor del 8%, tal y como limita la normativa de accesibilidad.

Con el fin de mantener una cierta uniformidad en el diseño, la anchura de estas estructuras es la misma que en la pasarela. En este sentido, las estructuras de madera a ambos lados de la pasarela Tensairity®, donde ésta se apoya, están formadas por pilotes para la cimentación sobre los cuales se apoya la misma superestructura existente sobre las vigas Tensairity® conservando las mismas dimensiones en todos los elementos

(vigas transversales, tablero y barandillas), salvo dos aspectos: la separación entre vigas transversales es de 2 m y esto a su vez obliga a que las vigas transversales tengan una sección un poco mayor.

La cimentación de estas estructuras de apoyo está formada por 2 filas paralelas de pilotes de madera separadas 3,6 metros, coincidiendo justo con las líneas marcadas por los ejes de las vigas Tensairity®. La separación entre pilote y pilote es de 2 metros, y el número de pilotes es el necesario hasta alcanzar los caminos que bordean el trazado de la laguna (2 filas de 8 en el lado norte y 2 filas de 6 en el lado sur). Todos los pilotes tienen un diámetro de 150 mm y están clavados a una profundidad de 8 m, excepto los 4 pilotes sobre los que se apoyan las 2 vigas Tensairity® que tienen un diámetro de 350 mm y están clavados a una profundidad de 10 m.

La superestructura es idéntica a la de la pasarela Tensairity®, con la diferencia que sobre cada pareja de pilotes, en sentido transversal a la pasarela, se apoyan las vigas transversales de 7,5 m de longitud, esta vez situadas cada 2 metros y con una sección de 138 mm x 200 mm. El tablero y las barandillas conservan las mismas dimensiones y se apoyan sobre estas vigas como en el caso anterior.

1.5. Dirección de obra

La dirección, seguimiento, control y valoración de las obras objeto del proyecto, así como las que correspondan a ampliaciones o modificaciones establecidas por el promotor, estarán a cargo de una Dirección de Obra encabezada por un técnico titulado competente. El promotor participará en la Dirección de Obra en la medida que lo crea conveniente.

Para llevar a cabo la misión encomendada al Director de Obra, éste gozará de las más amplias facultades, pudiendo conocer y participar en todas aquellas previsiones o actuaciones que lleve a cabo el contratista.

Serán base para el trabajo del Director de Obra:

- ✓ Los planos del proyecto
- ✓ El Pliego de Prescripciones Técnicas

- ✓ Los cuadros de precios
- ✓ El precio y plazo de ejecución contratados
- ✓ El programa de trabajo formulado por el Contratista y aceptado por el Promotor
- ✓ Las modificaciones de obra establecidas por el Promotor

Sobre estas bases, corresponderá a la Dirección de Obra:

- ✓ Impulsar la ejecución de las obras por parte del contratista.
- ✓ Asistir al contratista para la interpretación de los documentos del proyecto y fijación de detalles de definición de las obras y de su ejecución para que se mantengan las condiciones de funcionalidad, estabilidad, seguridad y calidad previstas en el proyecto.
- ✓ Formular con el contratista el acta de replanteo e inicio de obras y teniendo en cuenta que los replanteos de detalle sean ejecutados por él mismo.
- ✓ Requerir, aceptar o reparar los planos de la obra que ha de formular el contratista.
- ✓ Requerir, aceptar o reparar si se tercia, toda la documentación que, de acuerdo con aquello que establece este Pliego, el que establece el Programa de Trabajo aceptado y, el que determina las normativas que, partiendo de ellos, formule la propia Dirección de Obra, corresponda formular al Contratista a los efectos de programación de detalle, control de calidad y seguimiento de la obra.
- ✓ Establecer las comprobaciones de los diferentes aspectos de la obra que se ejecute que estime necesarias para tener pleno conocimiento y dar testigo de si cumplen o no con la su definición y con las condiciones de ejecución y de obra prescritas.
- ✓ En caso de incumplimiento de la obra que se ejecuta con su definición o con las condiciones prescritas, ordenar al Contratista su sustitución o corrección, paralizando los trabajos si lo cree conveniente.
- ✓ Proponer las modificaciones de obra que impliquen modificación de actividades o que crea necesarias o convenientes.
- ✓ Informar las propuestas de modificaciones de obra que formule el Contratista.
- ✓ Proponer la conveniencia de estudio y formulación, por parte del Contratista, de actualizaciones del programa de Trabajos inicialmente aceptado.
- ✓ Establecer con el Contratista documentación de constancia de características y condiciones de obras ocultas, antes de su ocultación.
- ✓ Establecer las valoraciones mensuales en su origen de la obra ejecutada.

- ✓ Establecer periódicamente informes sistemáticos y analíticos de la ejecución de la obra, de los resultados del control y de el desempeño de los Programas, poniéndose de manifiesto los problemas que la obra presenta o puede presentar y las medidas tomadas o que se propongan para evitarlos o minimizarlos.
- ✓ Preparación de la información de estado y condiciones de las obras, y de la valoración general de estas, previamente a su recepción por el Promotor.
- ✓ Recopilación de los planos y documentos definitorios de las obras tal y como se ha ejecutado, para entregar al Promotor una vez acabados los trabajos.

El Contratista deberá actuar de acuerdo con las normas e instrucciones complementarias que de acuerdo con aquello que establece el Pliego de Condiciones Técnicas del Proyecto, le sean dictadas por la Dirección de Obra para la regulación de las relaciones entre ambos en aquello en lo referente a las operaciones de control, valoración y en general, de información relacionadas con la ejecución de las obras.

Por otra parte, la Dirección de Obra podrá establecer normativas reguladoras de la documentación u otro tipo de información que deba formular o recibir el Contratista para facilitar la realización de las expresadas funciones, normativas que serán de obligado cumplimiento por el Contratista siempre que, si este lo requiere, sean previamente conformadas por el Promotor.

El Contratista designará formalmente las personas de su organización que estén capacitadas y facultadas para tratar con la Dirección de Obra las diferentes materias objeto de las funciones de las mismas y en los diferentes niveles de responsabilidad, de tal manera que estén siempre presentes a la obra personas capacitadas y facultadas para decidir temas de los cuales la decisión por parte de la Dirección de Obra esté encargada a personas presentes a la obra pudiendo entre unas y otras establecer documentación formal de constancia, conformidad u objeciones.

La Dirección de Obra podrá detener cualquiera de los trabajos en curso de la realización que, a su baremo, no se ejecuten de acuerdo con las prescripciones contenidas en la documentación definitiva de las obras.

1.6. Desarrollo de las obras

1.6.1. Replanteos. Acta de comprobación del replanteo

Con anterioridad a la iniciación de las obras, el Contratista, conjuntamente con la Dirección de Obra, procederán a la comprobación de las bases de replanteo y puntos fijos de referencia que consten en el Proyecto, levantándose Acta de los resultados. En el acta se hará constar que, tal y como establecen las bases del concurso y cláusulas contractuales, el Contratista, previamente a la formulación de su oferta, tomó datos sobre el terreno para comprobar la correspondencia de las obras definidas al Proyecto con la forma y características del citado terreno.

En caso de que se hubiera apreciado alguna discrepancia se comprobará y se hará constar al Acta con carácter de información para la posterior formulación de planos de obra. A partir de las bases y puntos de referencia comprobados se replantearán los límites de las obras a ejecutar que, por sí mismos o por motivo de su ejecución puedan afectar terrenos exteriores a la zona de dominio o servicios existentes. Estas afecciones se harán constar en el Acta, a efectos de tenerlos en cuenta, conjuntamente con los compromisos sobre servicios y terrenos afectados.

Corresponderá al Contratista la ejecución de los replanteos necesarios para llevar a cabo la obra. El Contratista informará a la Dirección de Obra de la manera y fechas en que programe llevarlos a cabo. La Dirección de Obra podrá hacerle recomendaciones al respecto y, en caso de que los métodos o tiempos de ejecución den lugar a errores a las obras, prescribir correctamente la forma y tiempo de ejecutarlos.

La Dirección de Obra hará, siempre que lo crea oportuno, comprobaciones de los replanteos efectuados.

1.6.2. Planos de obra

Una vez efectuado el replanteo y los trabajos necesarios para un perfecto conocimiento de la zona y características del terreno y materiales, el Contratista formulará los planos detallados de ejecución que la Dirección de Obra crea convenientes, justificando adecuadamente las disposiciones y dimensiones que figuran en estos según los planos del proyecto constructivo, los resultados de los

replanteos, trabajos y ensayos realizados, los pliegos de condiciones y los reglamentos vigentes. Estos planos deberán formularse con suficiente anticipación, que fijará la Dirección de Obra, a la fecha programada para la ejecución de la parte de obra a que se refieren y ser aprobados por la Dirección de Obra, que igualmente, señalará al Contratista el formato y disposición en que ha de establecerlos. Al formular estos planos se justificarán adecuadamente las disposiciones adoptadas.

El Contratista estará obligado, cuando según la Dirección de Obra fuera imprescindible, a introducir las modificaciones que hagan falta para que se mantengan las condiciones de estabilidad, seguridad y calidad previstas al proyecto, sin derecho a ninguna modificación al precio ni al plazo total ni a los parciales de ejecución de las obras. Por parte suya el Contratista podrá proponer también modificaciones, debidamente justificadas, sobre la obra proyectada, a la Dirección de Obra, quien, según la importancia de estas, resolverá directamente o lo comunicará a Promotor para la adopción del acuerdo que sea necesario. Esta petición tampoco dará derecho al Contratista a ninguna modificación sobre el programa de ejecución de las obras. Al cursar la propuesta citada al apartado anterior, el Contratista habrá de señalar el plazo dentro del cual precisa recibir la contestación para que no se vea afectado el programa de trabajos. La no contestación dentro del citado plazo, se entenderá en todo caso como denegación a la petición formulada.

1.6.3. Programas de trabajos

Previamente a la contratación de las obras el Contratista deberá formular un programa de trabajo cumplido. Este programa de trabajo será aprobado por Promotor al tiempo y en razón del Contrato. La estructura del programa se ajustará a las indicaciones de Promotor.

El programa de Trabajo comprenderá:

- a) La descripción detallada del modo en que se ejecutarán las diversas partes de la obra, definiendo con criterios constructivos las actividades, ligaduras entre actividades y duraciones que formarán el programa de trabajo.
- b) Anteproyecto de las instalaciones, medios auxiliares y obras provisionales, incluidos caminos de servicio, oficinas de obra, alojamientos, almacenes, silos, etc. y justificación de su capacidad para asegurar el desempeño del programa.

- c) Relación de la maquinaria que se empleará, con cada expresión de sus características, donde se encuentra cada máquina al tiempo de formular el programa y de la fecha en que estará a la obra así como la justificación de aquellas características para realizar conforme a condiciones, las unidades de obra en las cuales se hayan de emplear y las capacidades para asegurar el desempeño del programa.
- d) Organización de personal que se destina a la ejecución de la obra, expresando donde se encuentra el personal superior, mediano y especialista cuando se formule el programa y de las fechas en que se encuentre en la obra.
- e) Procedencia que se propone para los materiales a utilizar a la obra, ritmos mensuales de suministros previsión de la situación y cuantía de los almacenamientos
- f) Relación de servicios que resultarán afectados por las obras y previsiones tanto para su reposición como para la obtención, en caso necesario de licencias por esto.
- g) Programa temporal de ejecución de cada una de las unidades que componen la obra, estableciendo el presupuesto de obra que cada mes se hará concreto, y teniendo en cuenta explícitamente los condicionamientos que para la ejecución de cada unidad representan las otras, así como otros particulares no comprendidos en éstas.
- h) Valoración mensual y acumulada de cada una de las Actividades programadas y del conjunto de la obra.

Durante el curso de la ejecución de las obras, el Contratista habrá de actualizar el programa establecido para la contratación, siempre que, por modificación de las obras, modificaciones en las secuencias o procesos y o/retardos en la realización de los trabajos, el Promotor lo crea conveniente. La dirección de Obra tendrá facultad de prescribir al Contratista la formulación de estos programas actualizados y participar en su redacción.

Aparte de esto, el Contratista habrá de establecer periódicamente los programas parciales de detalle de ejecución que la Dirección de Obra crea convenientes.

El Contratista se someterá, tanto en la redacción de los programas de trabajos generales como parciales de detalle, a las normas e instrucciones que le dicta la Dirección de Obra.

1.6.4. Control de calidad

La Dirección de Obra tiene facultad de realizar los reconocimientos, comprobaciones y ensayos que crea adecuadas en cualquier momento, habiendo el Contratista de ofrecerle asistencia humana y material necesario para esto. Los gastos de la asistencia no serán de abono especial.

Cuando el Contratista ejecutara obras que resultaran defectuosas en geometría y o/calidad, según los materiales o métodos de trabajo utilizados, la Dirección de Obra apreciará la posibilidad o no de corregirlas y en función de esto dispondrá:

- ✓ Las medidas a adoptar para proceder a la corrección de las corregibles, dentro del plazo que se señale.
- ✓ Las incorregibles, dónde la separación entre características obtenidas y especificadas no comprometa la funcionalidad ni la capacidad de servicio, serán tratadas a elección de Promotor, como incorregibles en que quede comprometida su funcionalidad y capacidad de servicio, o aceptadas previo acuerdo con el Contratista, con una penalización económica.
- ✓ Las incorregibles en que queden comprometidas la funcionalidad y la capacidad de servicio serán derrocadas y reconstruidas con cargo al Contratista, dentro del plazo que se señale.

Todas estas obras no serán de abono hasta encontrarse en las condiciones especificadas, y en caso de no ser reconstruidas en el plazo concedido, Promotor podrá encargar su arreglo a terceros, por cuenta del Contratista.

La Dirección de Obra podrá, durante el curso de las obras o previamente a la recepción provisional de estas, realizar cuántas pruebas crea adecuadas para comprobar el cumplimiento de condiciones y el adecuado comportamiento de la obra ejecutada.

Estas pruebas se realizarán siempre en presencia del Contratista que, por parte suya, está obligado a dar cuantas facilidades se necesiten para su correcta realización y a poner a disposición los medios auxiliares y personal que haga falta a tal objeto.

De las pruebas que se realicen se levantará Acta que se tendrá presente para la recepción de la obra.

El personal que se ocupa de la ejecución de la obra, podrá ser recusado por la Dirección de Obra sin derecho a ninguna indemnización para el Contratista.

1.6.5. Medios del contratista para la ejecución de los trabajos

El Contratista es obligado a tener a la obra el equipo de personal directivo, técnico, auxiliar y operario que resulte de la documentación de la adjudicación y quede establecido al programa de trabajos.

Designará del mismo modo, las personas que asuman, por parte suya, la dirección de los trabajos que, necesariamente, habrán de residir a las proximidades de las obras y tener facultades para resolver cuántas cuestiones dependan de la Dirección de Obra, habiendo siempre de dar cuenta a esta para poder ausentarse de la zona de obras.

Tanto la idoneidad de las personas que constituyen este grupo directivo, como su organización jerárquica y especificación de funciones, será libremente apreciada por la Dirección de Obra que tendrá en todo momento la facultad de exigir al Contratista la sustitución de cualquier persona o personas adscritas a esta, sin obligación de responder de cabeza de los daños que al Contratista pudiera causar el ejercicio de aquella facultad. No obstante, el contratista responde de la capacidad y de la disciplina de todo el personal asignado a la obra.

De la maquinaria que con arreglo al programa de trabajos se haya comprometido a tener a la obra, no podrá el Contratista disponer para la ejecución de otros trabajos, ni retirarla de la zona de obras, excepto expresa autorización de la Dirección de Obra.

1.6.6. Información a preparar por el contratista

El Contratista deberá preparar periódicamente para su remisión a la Dirección de Obra informas sobre los trabajos de proyecto, programación y seguimiento que le estén encomendados.

Las normas sobre el contenido, forma y fechas para la entrega de esta documentación vendrán fijadas por la Dirección de Obra.

Será, del mismo modo, obligación del Contratista dejar constancia formal de los datos básicos de la forma del terreno que obligatoriamente habrá tenido que tomar antes del inicio de las obras, así como las de definición de aquellas actividades o partes de obra que hayan de quedar ocultas. Esto último, además, debidamente comprobado y avalado por la Dirección de Obra previamente a su ocultación.

Toda esta documentación servirá de base para la confección del proyecto final de las obras, a redactar por la Dirección de Obra, con la colaboración del Contratista que esta crea conveniente.

La Dirección de Obra no se hace responsable del abono de actividades para las que no exista comprobación formal de la obra oculta y, en todo caso, se reserva el derecho de que cualquier gasto que comportara la comprobación de haber sido ejecutadas las denominadas obras, sea con cargo al Contratista.

1.6.7. Mantenimiento y regulación del tránsito durante las obras

El Contratista será responsable de mantener en los máximos niveles de seguridad el acceso de vehículos al corte de trabajo desde la carretera así como la incorporación de vehículos a la misma.

A tal efecto está a disposición de aquello que establezcan los organismos, instituciones y poderes públicos con competencia y jurisdicción sobre el tránsito.

1.6.8. Seguridad y salud al trabajo

Es obligación del contratista el cumplimiento de toda la normativa que haga referencia a la prevención de riesgos laborales y a la seguridad y salud en la construcción, en

concreto, de la Ley 31/1995, de 17 de enero, y del Real decreto 1627/1997, de 24 de octubre (BOE 25/10/97).

De acuerdo con el artículo 7 del mencionado Real decreto el Contratista tendrá que elaborar un "Plan de seguridad y salud" en el cual desarrolle y adapte "El estudio de seguridad y salud" contenido al proyecto, a las circunstancias físicas, de medios y métodos en que desarrolle los trabajos. Este Plan deberá ser aprobado por el coordinador de seguridad y salud antes del inicio de las obras.

1.6.9. Afectaciones al medio ambiente

El Contratista adoptará en todos los trabajos que realice las medidas necesarias porque las afecciones al medio ambiente sean mínimas. Así, en la explotación de canteras, graveras y préstamos tendrá establecido un plan de regeneración de terrenos; las plantas fabricantes de hormigones hidráulicos o mezclas asfálticas, dispondrán de los elementos adecuados por evitar los escapes de cemento o polvos mineral a la atmósfera, y de cemento, aditivos y ligantes a las aguas superficiales o subterráneas; los movimientos dentro de la zona de obra se producirán de modo que sólo se afecte la vegetación existente en aquello estrictamente necesario para la implantación de las mismas; toda la maquinaria utilizada dispondrá de silenciadores por rebajar la polución fónica.

El contratista será responsable único de las agresiones que, en los sentidos arriba apuntados y cualesquier otras difícilmente identificables en este momento, produzca al medio ambiente, cambiar los medios y métodos utilizados y reparar los daños causados siguiendo las órdenes de la Dirección de Obra o de los organismos institucionales competentes en la materia.

El contratista está obligado a facilitar las tareas de corrección medioambiental, tales como plantaciones, hidrosembros y de otras, aunque estas no las tuviera contratadas, permitiendo el acceso al puesto de trabajo y dejan accesos suficientes por su realización.

1.6.10. Vertederos

El contratista no podrá abocar material procedente de la obra sin que previamente esté aprobado el vertedero por el director de la obra y por la comisión de seguimiento medioambiental, en el supuesto de que esté constituida.

1.6.11. Ejecución de las obras no especificadas en este pliego

La ejecución de las unidades de obra del Presente Proyecto, las especificaciones del cual no figuran en este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se harán de acuerdo con aquello especificado por estas a la normativa vigente, o en su defecto, con aquello que ordene el director de las obras, dentro de la buena práctica para obras similares.

1.7. *Medición y abono*

1.7.1. Medición de las obras

La Dirección de la Obra realizará mensualmente y en la forma que establece este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el periodo de tiempo anterior. El Contratista o su delegado podrán presenciar la realización de estas mediciones. Por las obras o partes de obra las dimensiones y características de las cuales hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el Contratista está obligado a avisar a la Dirección con la suficiente antelación, con objeto de que esta pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, la conformidad de las cuales suscribirá el Contratista o su delegado.

Si no hubiera aviso con antelación, la existencia del cual obliga a aceptar las decisiones de la Administración sobre el particular.

1.7.2. Abono de las obras

Precios unitarios:

Los precios unitarios que aparecen en letra en el Cuadro de precios nº 1, será el que se aplicará a las mediciones por obtener el importe de Ejecución Material de cada

unidad de obra. La descomposición de los precios unitarios que figuran en el Cuadro de Precios nº 2, es de aplicación exclusiva a las unidades de obra incompletas, no pudiéndose el contratista reclamar modificación de precios en letra del Cuadro nº 1, para las unidades totalmente ejecutadas, por errores u omisiones en la descomposición que figura en el Cuadro de Precios nº 2. Aunque la justificación de precios unitarios que aparece en el correspondiente Anejo a la Memoria se empleen hipótesis no coincidentes con la forma real de ejecutar las obras (jornales y mano de obra necesaria, cantidad, tipo y coste horario de maquinaria, transporte, número y tipo de operaciones necesarias por completar la unidad de obra, dosificación, cantidad de materiales, proporción de varios correspondientes a varios precios auxiliares, etc), estos extremos no pudiendo argüirse como base para la modificación del correspondiente precio unitario y están contenidos en un documento meramente informativo.

Otros gastos por cuenta del contratista:

Serán por cuenta del Contratista, siempre que al contrato no se prevea explícitamente el contrario, los siguientes gastos, a título indicativo y sin que la relación sea limitadora:

- ✓ Los gastos de construcción y retirada de toda clase de construcciones auxiliares, incluidas las de acceso.
- ✓ Los gastos de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales.
- ✓ Los gastos de protección de acopios y de la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes.
- ✓ Los gastos de limpieza y evacuación de desechos y broza.
- ✓ Los gastos de conservación de desagües.
- ✓ Los gastos de suministro, colocación y conservación de señales de tráfico y otros recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras.
- ✓ Los gastos de traslado de las instalaciones, herramientas, materiales y limpieza general de la obra cuando se finalice.
- ✓ Los gastos de montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro del agua y energía eléctrica necesarios para las obras.

- ✓ Los gastos de demolición de las instalaciones provisionales.
- ✓ Los gastos de retirada de los materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.
- ✓ Los daños causados a terceros, con las excepciones que marca la ley.
- ✓ Gastos de establecimiento, mejora y mantenimiento de los caminos de acceso al corte.

2. Materiales

2.1. *Elementos textiles vigas Tensairity®*

2.1.1. Generalidades

Todos los materiales deben cumplir con las normas europeas EN correspondientes. Cuando no se disponga de normas europeas EN, se debe demostrar la idoneidad de estos materiales por otros medios (es decir, por referencia a normas internacionales o por medio de ensayo). Cuando las uniones de la estructura deban soldarse, el proyectista debe prestar una atención especial conforme a las normas europeas relativas a la soldabilidad del material seleccionado.

Deben definirse las principales características de los textiles y deben demostrarse, mediante ensayos, las especificaciones siguientes:

- ✓ La naturaleza del textil y del recubrimiento
- ✓ El peso total
- ✓ La resistencia a tracción a 23°C (valores medios y característicos) y a 70°C (valores medios)
- ✓ La resistencia al desgarramiento
- ✓ La adherencia
- ✓ El comportamiento frente al fuego

Se debe demostrar la certificación del suministrador para los textiles de policloruro de vinilo y poliéster. Al cabo de cinco años, la resistencia a la tracción no debe ser inferior al 70% de su valor inicial. El fabricante del textil debe certificar este valor.

Para los materiales textiles y los elementos de revestimiento, como por ejemplo:

- ✓ Textiles de algodón
- ✓ Textiles sintéticos
- ✓ Recubrimientos sólidos y revestimientos tales como láminas de chapa perfilada, paneles de madera o de plástico y elementos de componentes múltiples.

Se deben considerar los requisitos siguientes:

- ✓ Los materiales textiles previstos para una utilización estructural deben ser conformes con las normas europeas EN correspondientes o, en su defecto, con los acuerdos entre las partes.
- ✓ Se debe asegurar que el material y las uniones especificadas proporcionan una estanquidad y una resistencia al rasgado suficientes para mantener un funcionamiento seguro y duradero de la cubierta textil. Los coeficientes de seguridad relativos a la utilización estructural de los textiles deben cumplir lo indicado en el apartado 7.6 de la normativa EN 13782:2005.
- ✓ Las normas sobre las estructuras textiles, membranas y otras estructuras hinchables.

2.1.2. Uniones de textiles

Las uniones por costura, soldadura, adhesivos y cremalleras deben ajustarse a las normas o someterse a los ensayos de resistencia última al desgarrar o cizallamiento. Deben tenerse en cuenta el envejecimiento y las condiciones ambientales aplicando otros coeficientes de seguridad.

Los cierres de cremallera deben someterse a un ensayo de resistencia a las cargas teóricas de la estructura. Deben tenerse en cuenta los efectos del desgaste y la influencia de la luz ultravioleta sobre los plásticos.

Cuando no pueda verificarse la resistencia estructural adecuada, las uniones de cremallera sólo pueden utilizarse en aplicaciones que no comprometan la seguridad. Las utilizadas para las salidas de emergencia deben ser fáciles de utilizar desde los dos lados.

2.2. Maderas

Condiciones generales:

La madera para entibaciones, apeos, cimbras, andamios, encofrados, demás medios auxiliares y carpintería de armar, deberá cumplir las condiciones siguientes:

- ✓ Proceder de troncos sanos apeados en sazón.
- ✓ Haber sido desecada al aire, protegida del sol y de la lluvia, durante no menos dos (2) años.
- ✓ No presentar signo alguno de putrefacción, atronaduras, carcomas o ataque de hongos.
- ✓ Estar exenta de grietas, lupias y verrugas, manchas, o cualquier otro defecto que perjudique su solidez y resistencia. En particular, contendrá el menor número posible de nudos, los cuales, en todo caso, tendrán un espesor inferior a la séptima parte (1/7) de la menor dimensión de la pieza.
- ✓ Tener sus fibras rectas y no reviradas o entrelazadas; y paralelas a la mayor dimensión de la pieza.
- ✓ Presentar anillos anuales de aproximada regularidad, sin excentricidad de corazón ni entrecorteza.
- ✓ Dar sonido claro por percusión.

Forma y dimensiones:

La forma y dimensiones de la madera serán, en cada caso, las adecuadas para garantizar su resistencia y cubrir el posible riesgo de accidentes.

La madera de construcción escuadrada será madera de sierra, de aristas vivas y llenas.

Medición y abono:

La medición y abono de este material se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de que forme parte.

2.2.1. Madera para estructura y superestructuras

Definición del material y propiedades mecánicas:

Al tratarse de un producto industrializado puede especificarse la marca comercial del producto e incluir las propiedades mecánicas que define el fabricante.

Fabricación:

De acuerdo con lo establecido en la Norma armonizada del producto, UNE-EN 14374, el fabricante deberá disponer de un Certificado del sistema de Control de la Producción en Fábrica emitido por un Organismo Notificado. En la norma UNE-EN 14374 se especifican las condiciones para el Control de la Producción en Fábrica.

Dimensiones nominales:

Serán las deducidas a partir del cálculo para las piezas y deberán cumplir las tolerancias indicadas en la norma UNE-EN 14374. Si es posible, deberían ajustarse a la gama de dimensiones comerciales más habituales.

Contenido de humedad:

El producto se comercializa con un contenido de humedad del orden del 10 %, valor adecuado para su puesta en obra.

Tratamiento preventivo:

El producto se comercializa sin tratamiento de protección. Por dicho motivo, deberá aplicarse un tratamiento adecuado para la clase de uso prevista. El tratamiento deberá efectuarse siguiendo las prescripciones del fabricante del producto y estar documentado de acuerdo con lo establecido al respecto en el Capítulo 13 del DB-SE-M. Para más información sobre tratamientos, durabilidad natural de maderas y calificación de su impregnabilidad se recomienda consultar el Documento de Aplicación de Durabilidad.

Comportamiento al fuego:

La estabilidad al fuego de las secciones de madera en situación de incendio deberá ser justificada mediante cálculo de acuerdo con los principios del DB-SI o de acuerdo con la norma UNE-EN1995-1-2, aunque no hay que olvidar que los medios de unión suelen ser los elementos más limitantes. Debe tenerse en cuenta que las piezas de madera microlaminada tienen gruesos reducidos, por lo que generalmente para

alcanzar una R30 suele ser precisar el uso de secciones múltiples, adosando dos o más piezas.

Almacenaje, transporte y montaje:

El producto que presenta un acabado preparado para dejar visto se suministra embalado con plástico. Sin embargo este envoltorio tiene como misión la protección durante el transporte, pero no es suficiente para el almacenamiento en obra. La exposición a la intemperie en la obra sólo será temporal y debe reducirse al mínimo. Deben protegerse con lonas impermeables del agua de lluvia, polvo y la radiación solar continuada. También deben tomarse medidas para evitar la condensación y la humedad alta. Deben almacenarse sobre un plano utilizando el número de soportes de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Durante el almacenaje, transporte y montaje se evitará someter a las piezas a tensiones superiores a las previstas. Si la estructura se carga o apoya de manera diferente a la que tendrá en servicio se comprobará que estas condiciones son admisibles y deberán tenerse en cuenta aquellas cargas que puedan producir efectos dinámicos. En el caso de vigas de gran longitud deberán evitarse las deformaciones y distorsiones que puedan producirse en el levantamiento desde la posición horizontal a la vertical.

2.2.2. Madera para pilotes

La madera a emplear en pilotes deberá cumplir, además, las siguientes condiciones:

- ✓ Las oquedades que pueda presentar la madera tendrán un diámetro inferior a cuatro centímetros (4 cm), y una profundidad inferior a un quinto (1/5) del diámetro medio del pilote y en ningún caso superior a diez centímetros (10 cm). Las hendiduras longitudinales serán en todo caso de longitud menor de vez y media (1,5) el diámetro medio del pilote. En particular, la madera contendrá el menor número posible de nudos, los cuales tendrán un diámetro inferior a diez centímetros (10 cm), o a un tercio (1/3) del diámetro medio del pilote. No se admitirán pilotes con más de tres (3) nudos en una longitud de dos metros (2 m).
- ✓ No se admitirán pilotes que presenten un giro, en sus fibras, superior a ciento ochenta grados sexagesimales (180°) en una longitud de cinco metros (5 m).
- ✓ Los pilotes de madera deberán ser bien rectos; y la línea recta que une los centros de las secciones de punta y cabeza deberá quedar incluida, en su

totalidad, dentro del pilote; el cual, por otra parte, no presentará codos que supongan una desviación mayor de seis centímetros (6 cm) en una longitud de metro y medio (1,5 m).

Salvo indicación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, los pilotes irán desprovistos de su corteza en la longitud destinada a quedar hincada en el terreno y la mantendrán en las partes que permanezcan fuera, especialmente las que han de quedar sumergidas en el agua.

Los fustes de los pilotes estarán desprovistos de toda clase de salientes; a cuyo efecto deberán cortarse las ramas o nudos que posean.

A menos que el Proyecto o el Director de las Obras indiquen otra cosa, los pilotes no se someterán a ningún tratamiento preservativo contra la pudrición de la madera, excepto en la zona cerrada de la punta; la cual deberá protegerse con dos (2) manos de pintura de creosota, o cualquier otra de tipo similar, previamente aprobada por el Director de las Obras.

La punta irá protegida por un azuche con las características que indique el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras. A su vez, la cabeza del pilote irá provista de un aro de hierro, ajustado en caliente, para evitar que se hienda por efecto de los golpes de la maza.

Las condiciones anteriormente indicadas serán de aplicación a obras definitivas. Para obras provisionales el Proyecto o, en su defecto, el Director de las Obras señalará las que pueden suprimirse o suavizarse, de acuerdo con las características peculiares de cada obra.

2.3. Acero inoxidable para apoyos vigas Tensairity®

Los aceros inoxidables a emplear en apoyos serán amoldados del tipo F-8401 definido en la Norma UNE 36257-74 .

Los límites máximos en su composición química se ajustarán a aquello indicado en la tabla 254.1 del PG3.

Las características mecánicas mínimas cumplirán aquello especificado en la tabla 254.2 del PG3.

Los valores de estas características mecánicas se refieren al material tras haber sido sometido al tratamiento térmico que se especifica en continuación. Las piezas construidas con estos aceros a utilizar en apoyos habrán de someterse a un tratamiento de curado a las temperaturas indicadas a la tabla 254.3 del PG3.

Las características mecánicas se determinarán de acuerdo con las normas UNE 7017, UNE 7262 y UNE 7290.

3. Unidades de obra

3.1. Aspectos generales

En este capítulo son especificadas las propiedades y características que tienen que tener los elementos compuestos que tendrán que ser utilizados en la obra. En el caso de que algún material o característica no haya estado suficientemente definidos, habrá que suponer que el material en cuestión es el de mejor calidad que existe en el mercado dentro de su clase, y que tendrá que cumplir la normativa técnica vigente.

3.2. Trabajos iniciales

3.2.1. Replanteo

A partir de la Comprobación del Replanteo de las obras, todos los trabajos de replanteo necesarios para la ejecución de las obras serán realizados por cuenta y riesgo del contratista.

El director comprobará el replanteo ejecutado por el contratista y éste no podrá iniciar la ejecución de ninguna obra o parte de ella, sin haber obtenido del Director la correspondiente aprobación del replanteo.

La aprobación por parte del Director de cualquier replanteo efectuado por el contratista no disminuirá la responsabilidad de éste en la ejecución de las obras. Los

perjuicios que ocasionaran los errores del replanteo para el contratista tendrán que ser solucionados a cargo de éste en la forma que indique el Director.

El contratista tendrá que proveer a su cargo todos los materiales, aparato y equipos de topografía, personal técnico especializado, y mano de obra auxiliar, necesarios, para efectuar los replanteos en el suyo cargo y materializarse los vértices, bases, puntos y señales niveladas. Todos los medios materiales y de personal mencionados tendrán la calificación adecuada al grado de exactitud de los trabajos topográficos que requiera cada una de las fases de replanteo de acuerdo con las características de la obra.

En las comprobaciones del replanteo que la Dirección efectúe, el contratista, a su cargo, proporcionará la asistencia y ayuda a que el director pida, evitará que los trabajos de ejecución de las obras interfieran o entorpezcan las operaciones de comprobación y cuando sea indispensable, suspenderá los mencionados trabajos, sin que por eso tenga derecho a ninguna indemnización.

El contratista ejecutará a su cargo los accesos, carrillos, escaleras, pasarelas y andamios necesarias para la realización de todos los replanteos, tanto los efectuados por él mismo como para la Dirección por las comprobaciones de los replanteos y por la materialización de los puntos topográficos mencionados anteriormente.

El contratista será responsable de la conservación durante el tiempo de vigencia del contrato, de todos los puntos topográficos materializados en el terreno y señales niveladas, teniendo que reponer a su cargo, los que por necesidad de ejecución de las obras o por deterioro hubieran sido movidos o eliminados, el que comunicará por escrito al director, y este dará las instrucciones oportunas y ordenará la comprobación de los puntos recuperados.

3.2.2. Acceso a las obras

Excepto prescripción específica en algún documento contractual, serán de cuenta y riesgo del contratista, todas las vías de comunicación y las instalaciones auxiliares por transporte, tales como carreteras, caminos, sendas, pasarelas, planos inclinados, montacargas para el acceso de personas transportes de materiales a la obra, etc.

Estas vías de comunicación e instalaciones auxiliares serán gestionadas, proyectadas, construidas, conservadas, mantenidas y operadas, así como demolidas, desmontadas, retiradas, abandonadas o entregadas por usos posteriores a cuenta y riesgo del contratista.

El Promotor se reserva el derecho a qué aquellas carreteras, caminos, sendas y infraestructuras de obra civil y o/instalaciones auxiliares de transporte, que el Director considere de utilidad para la explotación de la obra definitiva o por otras hasta que la Dirección estime convenientes, sean entregados por el contratista al acabamiento de su utilización por este, sin que por esto el contratista deba percibir ningún abono.

El contratista tendrá que obtener de la autoridad competente las oportunas autorizaciones y permisos para la utilización de las vías e instalaciones, tanto de carácter público como privado.

El Promotor se reserva el derecho que determinadas carreteras, caminos, sendas, rampas y de otras vías de comunicación construidas por cuenta del contratista, puedan ser utilizadas gratuitamente por si mismo o por otros contratistas por la realización de trabajos de control de calidad auscultación, reconocimiento y tratamiento del terreno, sondeos, inyecciones, anclajes, fundamentos indirectas, obras especiales, montaje de elementos metálicos, mecánicos, eléctricos, y de otros equipos de instalación definitiva.

3.2.3. Instalaciones auxiliares de obra y obras auxiliares

Constituye obligación del contratista el proyecto, la construcción, conservación y explotación, desmontaje, demolición y retirada de obra de todas las instalaciones auxiliares de obra y de las obras auxiliares, necesarias para la ejecución de las obras definitivas.

Se considerarán instalaciones auxiliares de obra las que, sin carácter limitativo, se indican a continuación:

- a) Oficinas del contratista
- b) Instalaciones por servicios del personal.
- c) Instalaciones para los servicios de seguridad y vigilancia.
- d) Laboratorios, almacenes, talleres y parques del contratista.

- e) Instalaciones de suministro de energía eléctrica y alumbrado para las obras.
- f) Instalaciones de suministro de agua.
- g) Cualquier otra instalación que el contratista necesite para la ejecución de la obra.

Se considerarán como obras auxiliares las necesarias para la ejecución de las obras definitivas que, sin carácter limitativo, se indican a continuación:

- a) Obras para el desvío de corrientes de aguas superficiales tales como cortes, canalizaciones, etc.
- b) Obras de drenaje, recogida y evacuación de las aguas en las zonas de trabajo.
- c) Obras de protección y defensa contra inundaciones.
- d) Obras por agotamientos o por rebajar el nivel freático.
- e) Estructuras, sostenimientos y consolidación del terreno en obras a cielo abierto y subterráneas
- f) Obras provisionales de desvío de la circulación de personas o vehículos, requeridos para la ejecución de las obras objeto del contrato.

Durante la vigencia del contrato, será de cuenta y riesgo del contratista el funcionamiento, la conservación y el mantenimiento de todas las instalaciones auxiliares de obra y obras auxiliares.

3.2.4. Maquinaria y medios auxiliares

El contratista está obligado, bajo su responsabilidad a proveerse y disponer en obra de todas las máquinas, útiles y medios auxiliares necesarios para la ejecución de las obras, en las condiciones de calidad, potencia, capacidad de producción y en cantidad suficiente para cumplir todas las condiciones del contrato, así como a manejarlos, mantenerlos, conservarlos y utilizarlos adecuada y correctamente.

La maquinaria y los medios auxiliares que se hayan de utilizar por la ejecución de las obras, la relación de la cual figurará entre los datos necesarios para confeccionar el Programa de Trabajo, habrán de estar disponibles a pie de obra con suficiente antelación a comienzos del trabajo correspondiente, por que puedan ser examinados y autorizados, en su caso, por el Director.

El equipo quedará adscrito a la obra en tanto estén en ejecución las unidades en que ha de utilizarse, en la inteligencia que no se podrá retirar sin consentimiento expreso

del Director y habiendo sido remplazados los elementos averiados o inutilizados siempre que su reparación exija plazos que aquel estime han de alterar el Programa de Trabajo.

Si durante la ejecución de las obras el Director observara que, por cambio de las condiciones de trabajo o por cualquier otro motivo, los equipos autorizados no fueran idóneos al fin propuesto y al cumplimiento del programa de Trabajo, habrán de ser sustituidos, o incrementados en número, por otras que lo sean.

El contratista no podrá reclamar si, en el curso de los trabajos y para el cumplimiento del contrato, se viera obligado a aumentar la importancia de la maquinaria, de los equipos o de las plantas y de los medios auxiliares, en calidad, potencia, capacidad de producción o en número, o a modificarlo respecto de sus previsiones.

Todos los gastos que se originen por el cumplimiento de este artículo, se considerarán incluidas en los precios de las unidades correspondientes y, en consecuencia, no serán abonadas separadamente, pese a expresa indicación en contrario que figure en algún documento contractual.

3.3. Elementos realizados en taller

Todo elemento estructural fabricado en taller y enviado en la obra cumplirá las tolerancias de longitud establecidas por la Norma NBE EA-95 en su capítulo 5.5.4.

3.3.1. Conjuntos montados en la obra

Todo conjunto montado en la obra tendrá que cumplir las siguientes tolerancias dimensionales. Las tolerancias de las dimensiones fundamentales de los conjuntos montados en la obra, se obtendrán para adición de las tolerancias obtenidas para cada elemento singular, sin que se lleguen a sobrepasar nunca los ± 15 mm.

3.3.2. Uniones

Las tolerancias admisibles en las uniones quedan acotadas a los siguientes valores:

a) *Agujeros para roblones y tornillos:*

Los agujeros correspondientes a uniones para roblones, tornillos ordinarios, tornillos calibrados y tornillos de alta resistencia, se atenderán a las tolerancias que se establecen seguidamente, con independencia de cuál sea el método de perforación a utilizar:

- En tornillos calibrados sólo se admitirán tolerancias - en ningún caso mayores en $+0,15$ mm. para diámetros superiores a 19 mm.
- Para roblones y cualquiera otros tipos de tornillos no se admitirán tolerancias superiores a ± 1 mm. para diámetros nominales de 11 mm., $\pm 1,5$ mm. para diámetros de 13 mm. a 17 mm, ± 2 mm. para diámetros de 10 a 23 mm.; y ± 3 mm. para diámetros de 25 a 28 mm.

b) Soldaduras:

Las tolerancias en las dimensiones de los biselados de preparación de cantos y en las longitudes y cuellos de soldaduras, son las que se indican a continuación:

- $\pm 0,5$ mm. para dimensiones hasta 15 mm.
- ± 1 mm. para dimensiones de entre 16 y 50 mm.
- ± 2 mm. para dimensiones de entre 51 y 150 mm.
- ± 3 mm. para dimensiones superiores a 150 mm.

3.3.3. Control de calidad e inspección

Generalidades:

El constructor además de los Planos de taller y montaje tendrá que entregar a la Dirección de Obra a uno Programa de montaje y un Procedimiento de soldado.

De acuerdo con estos documentos se establecerá un Programa de Puntos de Inspección en el que se indiquen las operaciones a controlar, normas aplicables y criterios de aceptación siempre de acuerdo con el indicado en este documento.

La responsabilidad del control de calidad será a cargo del Constructor, el cual realizará los ensayos de control de acuerdo con el plan del Programa de Puntos de Inspección.

Adicionalmente, la Dirección de Obra podrá realizar ensayos complementarios de control.

Colaboración:

La inspección, que podrá ser realizada por la Dirección de Obra o persona cualificada delegada, se llevará a cabo en el taller del Constructor y en el lugar de emplazamiento de la obra. El constructor está obligado a permitir el acceso al inspector y facilitar su trabajo.

Rechazos:

Cualquier material o trabajo, que no esté conforme con el establecido en este documento, tarro ser rechazado en cualquier momento del proceso de fabricación. Todo rechazo se notificará por escrito al Constructor.

Con el objetivo de evitar esta circunstancia se tiene que conseguir un seguimiento estricto del Programa de Puntos de Inspección, que adecuado al Programa de montaje supondrá un conjunto de controles garantizados de la calidad de la Obra.

Conservación de la obra durante el periodo de garantía:

El Adjudicatario estará obligado a la conservación de la obra ejecutada durante el plazo de seis meses a partir de la recepción provisional de la misma. Durante este plazo, se tendrán que realizar todos aquellos trabajos que sean necesarios para mantener la obra en perfecto estado.

3.4. Cimentaciones por pilotes de madera hincados a percusión

3.4.1. Definición

Se definen como cimentaciones por pilotes hincados a percusión, las realizadas mediante hinca en el terreno, por percusión sobre su cabeza, sin rotación, de pilotes

de hormigón armado, hormigón pretensado, acero o madera. La profundidad de hincado del pilote habrá de ser igual o mayor que ocho (8) veces la dimensión mínima del mismo.

También se considera el pilote cuya hinca se efectúa por vibración, y en el que se comprueba el rechazo final con tres (3) andanadas de hinca por percusión.

3.4.2. Estudio de ejecución del pilotaje

Antes de iniciar la ejecución de los pilotes, y con una antelación suficiente, el Contratista presentará al Director de las Obras para su aprobación, un "Estudio de ejecución del pilotaje", firmado por técnico competente.

El "Estudio de ejecución del pilotaje" indicará en base a la información geológica y geotécnica del terreno, planos de la obra a ejecutar, sobrecargas a cota de cimentación, y posible presencia de edificaciones o servicios próximos que pudieran verse afectados por la obra, al menos:

- ✓ El método de hinca a emplear.
- ✓ El peso de la maza o martinete, en función del peso de los pilotes.
- ✓ La altura de caída de la maza.
- ✓ El rechazo a obtener al final de cada hinca.
- ✓ El criterio para la definición de la profundidad a la que los pilotes deben llegar.
- ✓ Relación ordenada de actividades a desarrollar.
- ✓ Distribución por tajos de la obra de pilotaje.
- ✓ Sistema de designación e identificación de pilotes.
- ✓ Métodos previstos de apoyo a hinca (rehinca, lanza de agua, etc.).

Se incluirán en este documento, si así lo prescribe el Director de las Obras, el estudio de las medidas de protección de los pilotes indicadas en el apartado 670.2 de este artículo.

3.4.3. Programa de trabajos

Este programa, que acompañará al "Estudio de ejecución del pilotaje", deberá incluir, entre otros, los siguientes conceptos:

- ✓ Esquema de pilotaje, de acuerdo con lo establecido en el anterior apartado.
- ✓ Cronograma de trabajos que, con el detalle suficiente, establezca la duración e interrelación de las distintas actividades y tajos previstos en el "Estudio de ejecución del pilotaje".
- ✓ Equipos de hinca. Relación de los equipos a emplear, con indicación de sus características principales, y las máquinas de reserva de que se dispondrá en obra. El número y capacidad de los equipos será el adecuado para garantizar, con holgura, el cumplimiento del cronograma de trabajos.

3.4.4. Equipo necesario para la ejecución de las obras

Los equipos para la hinca de pilotes serán, por lo general, martinets provistos de mazas que golpean las cabezas de los pilotes, y de dispositivos de guía que aseguran que los pilotes no sufrirán desviaciones ni golpes descentrados que puedan provocar una hinca defectuosa o su rotura.

Las mazas empleadas pueden ser de caída libre, o bien de simple o doble efecto. El peso de las dos primeras estará proporcionado al peso del pilote; siendo preferible que, en el caso de pilotes de madera o metálicos, el peso de la maza sea aproximadamente igual al del pilote, y no menor de la mitad (1/2) de éste. En el caso de pilotes de hormigón armado, deben emplearse mazas que pesen al menos la mitad (1/2) que el pilote; en pilotes de longitud superior a treinta metros (30 m) podrá admitirse que el peso de la maza sea igual al necesario para una longitud de pilote de quince metros (15 m).

En todo caso el tipo de maquinaria a emplear y la forma de utilizar la misma vendrá recogida en el "Estudio de ejecución del pilotaje" que deberá haber aprobado el Director de las Obras según lo especificado en el apartado 670.3.1 de este artículo.

3.4.5. Ejecución de las obras

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El Contratista adoptará un sistema lógico de designación de los pilotes que permita identificarlos en los esquemas o planos y en la obra. La identificación en la obra será

mediante marcas o señales permanentes, de forma que, inequívocamente, se correspondan con el eje de su respectivo pilote.

El Contratista realizará y organizará los accesos, a los frentes de trabajo o tajos, instalaciones de maquinaria y almacenamiento de materiales, así como todos los medios auxiliares necesarios para la buena ejecución de los trabajos de pilotaje, según lo indicado en el "Estudio de ejecución del pilotaje" y aprobado por el Director de las Obras.

Durante la hinca, la cabeza de los pilotes de madera no precisará protección especial, siempre que lleve el aro de hierro ajustado en caliente al que se ha hecho referencia en el apartado 670.2.3 de este artículo.

La lanza de agua, o inyección de agua a presión inferior a un megapascal (1 MPa), durante la hinca, podrá emplearse en los casos en que sea difícil alcanzar la profundidad de hinca fijada en los planos por tener que atravesar capas de suelos granulares densos. La lanza de agua deberá emplearse tan sólo con autorización del Director de las Obras y se aplicará con presiones y caudales no excesivos, para evitar daños en construcciones o pavimentos vecinos.

El empleo de la lanza de agua se suspenderá cuatro metros (4 m) por encima de la profundidad prevista para la terminación de la hinca, que debe siempre acabarse por el procedimiento ordinario. También se suspenderá si el pilote empieza a torcerse, por producirse una perturbación excesiva del terreno.

Los pilotes prefabricados se hincarán hasta obtener el rechazo fijado en el Proyecto o "Estudio de ejecución del pilotaje" o bien hasta la profundidad especificada en los mismos. Salvo especificación en contra de estos documentos o del Director de las Obras, no se podrá proseguir la hinca, aunque no se hubiera llegado a la profundidad indicada, cuando el rechazo llegue a los valores prefijados, so pena de que la sollicitación producida por el impacto de la maza pueda dañar el pilote.

El Contratista confeccionará un parte de hinca de cada pilote, en el que figurará, al menos:

- ✓ Su posición.
- ✓ Número de identificación.

- ✓ Maza empleada.
- ✓ Horas de comienzo y terminación de la hinca.
- ✓ Longitud total hincada.
- ✓ Rechazo obtenido en las últimas tres (3) andanadas de diez (10) golpes cada una, con la altura de caída correspondiente; o bien, si se trata de mazas de doble efecto, el número de golpes por minuto. En la prueba de rechazo se emplearán almohadillas o sombreretes nuevos.
- ✓ Sombrerete empleado.
- ✓ Cualquier incidente ocurrido durante la hinca.

Los pilotes que se hayan roto durante la hinca no serán aceptados. Serán particularmente sospechosos de haberse roto los pilotes que, habiendo llegado a dar un rechazo muy pequeño, comiencen súbitamente a dar un rechazo mucho mayor y aquellos que presenten inclinaciones anormales durante el proceso de hinca.

Los pilotes rotos podrán ser extraídos y sustituidos por otros hincados en el mismo lugar, si la extracción es completa. En otros casos, podrán ser sustituidos por uno o dos pilotes hincados en sus proximidades ; variando, si conviene, la forma y armaduras del encepado. La sustitución será siempre sometida a la previa aprobación del Director de las Obras.

Los pilotes mal hincados, por falta de precisión en su posición o inclinación podrán ser sustituidos como un pilote roto o bien podrán ser aceptados a juicio del Director de las Obras modificando, en su caso, el encepado.

Si, por causa de una obstrucción subterránea, un pilote no pudiera hincarse hasta la profundidad especificada en Proyecto, el Contratista deberá intentar proseguir la hinca con los medios que prescriba el Director de las Obras, tales como rehinca o lanza de agua.

En el caso de que los pilotes hayan de ser recrecidos después de su hinca parcial, el hormigonado de la sección recrecida se hará con moldes que aseguren una alineación lo más perfecta posible entre las dos secciones. Las armaduras se empalmarán por solape o por soldadura a tope, debiendo emplearse esta última solución siempre que sea factible.

El período de curado de la sección recrecida no será menor de veintiocho días (28 d).

En el caso de pilotes compuestos por varias secciones que se vayan empalmando a medida que se hinquen, la resistencia del pilote no se considerará superior a la junta la cuál estará dispuesta de modo que asegure una perfecta alineación entre las diversas secciones.

Se evitará la permanencia o paso de personas bajo cargas suspendidas, acotando las áreas de trabajo.

Los pilotes se izarán suspendidos de forma que la carga sea estable y segura ; se tendrá en cuenta el viento existente cuando se realicen estas operaciones, que se suspenderán cuando el viento alcance una velocidad superior a los cincuenta kilómetros por hora (50 km/h).

Diariamente se revisará el estado de los dispositivos de manejo e hinca de los pilotes antes de comenzar los trabajos. Las tareas de guía del pilote serán realizadas mediante elementos auxiliares que permitan el alejamiento de trabajadores del mismo, en el momento de la hinca.

Los dispositivos de hinca deberán mantenerse, cuando no estén en uso, en posición tal que no puedan ponerse en movimiento fortuitamente para que no se produzcan caídas de la maza o de otros elementos de esta maquinaria de forma accidental.

La tarea de descabezado de los pilotes se realizará de forma que no se produzcan proyecciones de trozos o partículas de hormigón sobre personas próximas, o bien, se dispondrán los apantallamientos necesarios. Los trabajadores encargados del picado irán provistos de gafas, casco, mandil y botas de seguridad.

Después de la hinca, se demolerán las cabezas de los pilotes de hormigón armado, hasta dejarlas al nivel especificado; y, en todo caso, en una longitud suficiente para sanear todo el hormigón que pueda haber quedado resentido por el golpeo de la maza; estimándose esta longitud, cuando menos, en medio metro (0,5 m). La demolición se hará con cuidado, para no dañar el hormigón restante.

La sección saneada del pilote tendrá una longitud tal que permita una entrega en su encepado de al menos cinco centímetros (5 cm). La armadura longitudinal quedará descubierta, al menos cincuenta centímetros (50 cm).

En el caso de utilizar pilotes de prueba, deberán situarse en un punto lo más próximo posible al de los pilotes de trabajo, pero a una distancia mínima de la mitad (1/2) de su longitud. Durante su hincada se registrará el rechazo obtenido en cada andanada desde el comienzo de la operación.

Igualmente el Director de las Obras podrá, ordenar la rehincada de algunos pilotes de prueba, algún tiempo después de ejecutada la hincada primitiva.

En obras con más de veinte (20) pilotes, y en las de menos cuando así lo indique el Proyecto o el Director de las Obras, se utilizarán analizadores de hincada sobre algunos de los pilotes y se efectuarán pruebas de carga y ensayos de impedancia mecánica.

Al interpretar estos ensayos debe tomarse en consideración la posible existencia de juntas de unión.

Si los resultados de los ensayos anteriores revelaran posibles anomalías, el Director de las Obras podrá ordenar, bien la comprobación del diseño teórico del pilote, bien la realización de investigaciones complementarias, de cuya interpretación puede establecer:

- ✓ La necesidad de reparación del pilote.
- ✓ Su rechazo.
- ✓ La necesidad de realizar una prueba de carga.

La carga de los pilotes de prueba se efectuará, en caso de existir éstos, por medio de gatos o lastre. Para determinar la aceptabilidad de la cimentación, se calculará la influencia de los asientos diferenciales probables, deducidos de las pruebas, sobre la superestructura. El proceso de carga será el definido en el Proyecto o, en su defecto, por el Director de las Obras.

Siempre que existan dudas sobre las condiciones de resistencia de algunos de los pilotes de trabajo, el Director de las Obras podrá ordenar la ejecución de pruebas de carga sobre los mismos; no excediendo la carga máxima del ciento veinticinco por

ciento (125 por 100) de la carga de trabajo. A la vista de los resultados de la prueba de carga, el Director de las Obras adoptará la solución más adecuada.

Una vez terminados los trabajos de hinca de pilotes de hormigón, el Contratista retirará los equipos, instalaciones de obra, obras auxiliares, andamios, plataformas y demás medios auxiliares y procederá a la limpieza de las zonas de trabajo de los materiales, detritus, chatarra y demás desperdicios originados por las operaciones realizadas para ejecutar la obra, siendo todos estos trabajos a su cargo.

3.4.6. Tolerancias en la posición de los pilotes

Si no se especifica otra cosa en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, los pilotes deberán quedar hincados en una posición que no difiera de la prevista en Proyecto en más de cinco centímetros (5 cm) o el quince por ciento (15 por 100) del diámetro, el mayor de ambos valores, para los grupos inferiores a tres (3) pilotes conjuntamente encepados, y más de quince centímetros (15 cm) para los grupos de tres (3) o más pilotes, y con una inclinación tal que la desviación de un extremo, respecto de la prevista, no sea mayor del tres por ciento (3 por 100) de la longitud del pilote.

3.4.7. Especificaciones técnicas y distintivos de calidad

El cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias requeridas a los productos contemplados en este artículo, se podrá acreditar por medio del correspondiente certificado que, cuando dichas especificaciones estén establecidas exclusivamente por referencia a normas, podrá estar constituido por un certificado de conformidad a dichas normas.

El certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias establecidas en este artículo podrá ser otorgado por los Organismos españoles -públicos y privados- autorizados para realizar tareas de certificación en el ámbito de los materiales, sistemas y procesos industriales, conforme al Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

El alcance de la certificación en este caso, estará limitado a los materiales para los que tales Organismos posean la correspondiente acreditación. Si los productos, a los que se refiere este artículo, disponen de una marca, sello o distintivo de calidad que

asegure el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en este artículo, se reconocerá como tal cuando dicho distintivo esté reconocido por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

3.5. Estructuras de madera

3.5.1. Características técnicas de cada unidad de obra

Condiciones previas

Se realizarán tareas de replanteo teniendo en cuenta las tolerancias admisibles para las estructuras de madera, y las operaciones necesarias para su presentación en obra y montaje final.

Las uniones se replantearán con especial cuidado para que una vez unidas o ensambladas las distintas piezas, éstas encajen perfectamente.

Compatibilidad entre los productos, elementos y sistemas constructivos

En todo caso se tendrá en cuenta la alteración que tanto la cal como el cemento producen en la madera, evitando así cualquier contacto entre estos materiales.

3.5.2. Proceso de ejecución

• Ejecución

Antes de su utilización en la construcción, la madera debe secarse, en la medida que sea posible, hasta alcanzar contenidos de humedad adecuados a la obra acabada (humedad de equilibrio higroscópico).

Si los efectos de las contracciones o mermas no se consideran importantes, o si han sido remplazadas las partes dañadas de la estructura, pueden aceptarse contenidos más elevados de humedad durante el montaje siempre que se asegure que la madera podrá secarse al contenido de humedad deseado.

Se evitará el contacto de la madera directamente con el terreno. Si el primer forjado sobre el terreno fuera de madera, éste se construirá elevado del mismo, debiendo

quedar ventilada la cámara que se forme, con orificios protegidos con rejilla y situados a tal altura que evite la posible entrada de agua a la misma. La sección mínima de los mismos es de 1.500 cm^3 .

Los anclajes de los durmientes a la cimentación serán de barras o pletinas de acero con sección mínima de 5 mm^2 con una separación máxima de 1,80 m entre sí y de 60 cm a las esquinas de la construcción. La longitud del anclaje embebido en obra gruesa será de 10 cm como mínimo.

Las piezas de solera se anclarán al durmiente con la misma cuantía anterior, y separación no superior a 1 m. La solución del anclaje será capaz de resistir acciones de succión mediante pletinas de pequeño espesor que se clavan o atornillan a los montantes y se anclan en el hormigón de la cimentación.

Para la construcción de juntas entre elementos, y para elementos formados con madera de conífera, se considerarán las siguientes variaciones dimensionales de origen higrotérmico:

- ✓ Para madera aserrada, laminada o microlaminada se podrá tomar, por cada 1% de variación de contenido de humedad, un valor de 0,01% en dirección longitudinal y 0,2% en la transversal (esta última corresponde en realidad a la tangencial, y la radial se podrá tomar como 0,1%).

A continuación se enumeran una serie de buenas prácticas que mejoran notablemente la durabilidad de la estructura:

- ✓ Evitar el contacto directo de la madera con el terreno, manteniendo una distancia mínima de 20 cm y disponiendo un material hidrófugo (barrera antihumedad).
- ✓ Evitar que los arranques de soportes y arcos queden embebidos en el hormigón u otro material de fábrica. Para ello se protegerán de la humedad colocándolos a una distancia suficiente del suelo o sobre capas impermeables.
- ✓ Ventilar los encuentros de vigas en muros, manteniendo una separación mínima de 15 mm entre la superficie de la madera y el material del muro. El apoyo en su base debe realizarse a través de un material intermedio,

separador, que no transmita la posible humedad del muro (véase CTE DB SE M, figura 11.2.a).

- ✓ Evitar uniones en las que se pueda acumular el agua.
- ✓ Proteger la cara superior de los elementos de madera que estén expuestos directamente a la intemperie y en los que pueda acumularse el agua. En el caso de utilizar una albardilla (normalmente de chapa metálica), esta albardilla debe permitir, además, la aireación de la madera que cubre (véase CTE DB SE M, figura 11.2.b).
- ✓ Evitar que las testas de los elementos estructurales de madera queden expuestas al agua de lluvia ocultándolas, cuando sea necesario, con una pieza de remate protector (véase CTE DB SE M, figura 11.2.c).
- ✓ Facilitar, en general, al conjunto de la cubierta la rápida evacuación de las aguas de lluvia y disponer sistemas de desagüe de las condensaciones en los lugares pertinentes. Los posibles cambios de dimensiones, producidos por la hinchazón o merma de la madera, no deben quedar restringidos por los elementos de unión.
- ✓ En general, en piezas de canto superior a 80 cm, no deben utilizarse empalmes ni nudos rígidos realizados con placas de acero que coarten el movimiento de la madera (véase CTE DB SE M, figura 11.3.a).
- ✓ Las soluciones con placas de acero y pernos quedan limitadas a situaciones en las que se esperan pequeños cambios de las condiciones higrotérmicas del ambiente y el canto de los elementos estructurales no supera los 80 cm. Igualmente acontece en uniones de tipo corona en los nudos de unión de pilar/dintel en pórticos de madera laminada, según el CTE DB SE M, figura 11.3.
- ✓ Para el atornillado de los elementos metálicos de unión se practicarán pre-taladros, con un diámetro no mayor del 70% del diámetro del tornillo o elemento de sujeción, y en todo caso atendiendo a las especificaciones del DB SE-M para evitar la rotura de la pieza por hienda.

Tolerancias admisibles

Las tolerancias dimensionales, o desviaciones admisibles respecto a las dimensiones nominales de la madera aserrada, se ajustarán a los límites de tolerancia de la clase 1 definidos en la norma UNE EN 336:1995 para coníferas y chopo. Esta norma se

aplicará, también, para maderas de otras especies de frondosas con los coeficientes de hinchazón y merma correspondientes, en tanto no exista norma propia. Las tolerancias dimensionales, o desviaciones admisibles respecto a las dimensiones nominales de la madera laminada encolada, se ajustarán a los límites de tolerancia definidos en la norma UNE EN 390:1995.

La combadura de columnas y vigas medida en el punto medio del vano, en aquellos casos en los que puedan presentarse problemas de inestabilidad lateral, o en barras de pórticos, debe limitarse a 1/500 de la longitud del vano en piezas de madera laminada y microlaminada o a 1/300 en piezas de madera maciza.

El fabricante o montador de la estructura de madera deberá comprobar el replanteo de la obra en los puntos de apoyo de las piezas. El constructor deberá observar las siguientes tolerancias no acumulables admitidas generalmente:

- ✓ Sobre la luz: +/- 2 cm
- ✓ Transversalmente: +/- 1 cm
- ✓ De nivelación: +/- 2 cm
- ✓ En las esquinas de la construcción: +/- 1 cm

Condiciones de terminación

Durabilidad de las estructuras de madera:

Debe garantizarse la durabilidad de las estructuras de madera tanto del material como de las fijaciones metálicas empleadas en las uniones. Se deberán tomar medidas, por lo tanto, para garantizar la durabilidad de la estructura al menos durante el tiempo que se considere periodo de servicio y en condiciones de uso adecuado. Se tendrá en cuenta tanto el diseño de la propia estructura así como la posibilidad de añadir un tratamiento.

Tratamiento contra la humedad:

La madera ha de estar tratada contra la humedad, según la clase de riesgo. Las especificaciones del tratamiento deberá hacerse referencia a:

- ✓ Tipo de producto a utilizar.

- ✓ Sistema de aplicación: pincelado, pulverizado, autoclave, inmersión.
- ✓ Retención y penetración del producto.
- ✓ Protección de la madera.

La protección de la madera ante los agentes bióticos y abióticos será preventiva. Se preverá la posibilidad de que la madera no sufra ataques debidos a este origen en un nivel aceptable. Los productos a aplicar deberán estar indicados por los fabricantes, quienes en el envase y en la documentación técnica del dicho producto, indicarán las instrucciones de uso y mantenimiento.

Protección preventiva frente a los agentes bióticos:

Según el grado de exposición al aumento del grado de humedad de la madera durante el tiempo en el que estará en servicio, se establecen cuatro niveles de riesgo de los elementos estructurales (apartado 3.2.1.2.del CTE DB SE M):

Tipos de protección frente a agentes bióticos y métodos de impregnación:

- ✓ Protección superficial: es aquella en la que la penetración media alcanzada por el protector es de 3 mm, siendo como mínimo de 1 mm en cualquier parte de la superficie tratada. Se corresponde con la clase de penetración P2 de la norma UNE EN 351-1:1996.
- ✓ Protección media: es aquella en la que la penetración media alcanzada por el protector es superior a 3 mm en cualquier zona tratada, sin llegar al 75% del volumen impregnable. Se corresponde con las clases de penetración P3 a P7 de la norma UNE EN 351-1:1996.
- ✓ Protección profunda: es aquella en que la penetración media alcanzada por el protector es igual o superior al 75% del volumen impregnable. Se corresponde con las clases de penetración P8 y P9 de la norma UNE EN 351-1:1996.

La elección del tipo de protección frente a agentes bióticos se recoge la tabla 3.2 del DB SE-M, en la que se indica el tipo de protección exigido en función de la clase de riesgo.

Se ha de tener en cuenta que no todas las especies son igualmente impregnables. Entre las difícilmente impregnables se encuentran algunas especies coníferas: abetos, piceas, cedro rojo, en las que hay que emplear procedimientos especiales.

Además, cada especie, y en concreto las zonas de duramen y albura, pueden tener asociada lo que se llama durabilidad natural. La albura o el duramen de una especie no tiene por qué requerir protección para una determinada clase de riesgo a pesar de que así lo indicase la tabla 3.2.

Cada especie y zona tiene también asociada una impregnabilidad, es decir, una cierta capacidad de ser impregnada con mayor o menor profundidad. En caso de que se especifique la especie y zona, debe comprobarse que el tratamiento prescrito al elemento es compatible con su impregnabilidad.

En el caso de que el tratamiento empape la madera, en obra debe constatarse que se entrega el producto conforme a los requisitos del proyecto.

El fabricante garantizará que la especie a tratar es compatible con el tratamiento en profundidad (y con las colas en el caso de usarse).

Para la protección de piezas de madera laminada encolada: será el último tratamiento a aplicar en las piezas de madera laminada, una vez realizadas todas las operaciones de acabado (cepillado, mecanizado de aristas y taladros etc.).

Para los tratamientos de protección media o de profundidad, se realizará sobre las láminas previamente a su encolado. El fabricante deberá comprobar que el producto protector es compatible con el encolado, especialmente cuando se trate de protectores orgánicos.

Protección preventiva frente a agentes meteorológicos:

En este caso se tendrá especial cuidado en la ejecución de los detalles constructivos dado que en ello está la clave para mantener alejada la humedad de los elementos de madera, evitando en todos los casos que el agua quede retenida en los elementos de madera. Para la clase de riesgo igual o superior a 3, los elementos estructurales deben estar protegidos frente a los agentes meteorológicos, debiéndose emplear en

el exterior productos de poro abierto, como los lasures, ya que no forman película, permitiendo el flujo de humedad entre el ambiente y la madera.

Protección contra la corrosión de los elementos metálicos:

Se estará a lo dispuesto en el CTE DB SE M, para los valores mínimos del espesor del revestimiento de protección frente a la corrosión o el tipo de acero necesario según las diferentes clases de servicio.

Protección preventiva frente a la acción del fuego:

Se tendrán en cuenta las indicaciones a este respecto indicados en el CTE DB SI vigente.

3.5.3. Control de ejecución, ensayos y pruebas

Control de ejecución

Para la realización del control de la ejecución de cualquier elemento será preceptiva la aceptación previa de todos los productos constituyentes o componentes de dicha unidad de inspección, cualquiera que haya sido el modo de control utilizado para la recepción del mismo.

El control de la ejecución de las obras se realizará en las diferentes fases, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anexos y modificaciones autorizados por la dirección facultativa.

Se comprobará el replanteo de ejes, así como la verticalidad de los soportes, se comprobará las dimensiones y disposición de los elementos resistentes, así como las ensambladuras y uniones, tanto visualmente como de su geometría. Se atenderá especialmente a las condiciones de arriostramiento de la estructura y en el caso de uniones atornilladas, se comprobará el apriete de los tornillos.

En caso de disconformidad con la unidad de inspección la dirección facultativa dará la oportuna orden de reparación o demolición y nueva ejecución. Subsana la deficiencia, se procederá de nuevo a la inspección hasta que este satisfactoriamente ejecutado; pudiéndose en su caso ordenar una prueba de servicio de esa unidad de inspección antes de su aceptación.

Aceptadas las diferentes unidades de inspección, solo se dará por aceptado el elemento caso de no estar programada la prueba de servicio.

Ensayos y pruebas

Los ensayos a realizar podrán ser, en caso de duda, de comprobación de las características mecánicas y de tratamientos de los elementos estructurales. Se procederá de acuerdo con la normativa de ensayos recogidas por las normas vigentes.

En caso de tener que efectuar pruebas de carga, conforme a la programación de control o bien por orden de la dirección facultativa, se procederá a su realización, y se comprobará si sus resultados están de acuerdo con los valores de la normativa, del proyecto o de las indicaciones de la dirección facultativa. En caso afirmativo se procederá a la aceptación final.

Si los resultados de la prueba de carga no son conformes, la dirección facultativa dará las órdenes oportunas de reparación o, en su caso, de demolición. Subsanada la deficiencia, se procederá de nuevo como en el caso general, hasta la aceptación final del elemento controlado.

Conservación y mantenimiento

Deberá cuidarse especialmente que los elementos estructurales contruidos en madera natural, o bien con productos derivados de este material puedan mojarse debido a las filtraciones de agua de lluvia durante los trabajos impermeabilización de la cubierta, o por no existir sistemas de cerramiento en los vanos, y también debido a las aportaciones de agua en aquellos oficios que conlleven su empleo.

También se tendrá especial cuidado con las manchas superficiales que se puedan producir en la superficie del material, que difícilmente se podrán retirar al penetrar en su estructura porosa.

Verificaciones en la estructura terminada

Se comprobará el aspecto final de la estructura y particularmente de las uniones y ensambladuras. La eficacia de la impermeabilidad de la cubierta, así como de los

cerramientos verticales es de especial importancia debido a las alteraciones que un aumento en el contenido de humedad de la madera puede ocasionar.

Al entrar en carga la estructura se comprobará visualmente su eficaz comportamiento, no produciéndose deformaciones o grietas en los elementos estructurales. En el caso de percibirse algún problema, por estar indicado en proyecto, con carácter voluntario, o bien en caso que la dirección facultativa lo requiera, se podrán realizar pruebas de carga, o bien otras comprobaciones sobre el producto terminado si el resultado no fuera satisfactorio. Se realizarán de acuerdo con un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de la prueba, por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, dirigida por un técnico competente, que debe recoger los siguientes aspectos (adaptados del artículo 99.2 de la EHE):

- ✓ Viabilidad y finalidad de la prueba.
- ✓ Magnitudes que deben medirse y localización de los puntos de medida.
- ✓ Procedimientos de medida.
- ✓ Escalones de carga y descarga.
- ✓ Medidas de seguridad.
- ✓ Condiciones para las que el ensayo resulta satisfactorio.
- ✓ Estos ensayos tienen su aplicación fundamental en elementos sometidos a flexión.
- ✓ Se comprobará, además, la efectividad de las uniones metálicas, así como la protección a fuego.

3.6. Elementos de señalización y balizamiento

3.6.1. Marcas viales

Condiciones generales:

Las marcas viales, indicadas a planos, cumplirán todas las prescripciones que establece, en cuanto a tipo, materiales, maquinaria de aplicación, ejecución, control de calidad y especificaciones de la unidad de obra acabada, el Artículo 700 del PG-3.

3.6.2. Señalización

Condiciones generales:

La señalización vial y la de defensa de las obras (señales, letreros, captafaros...) cumplirán todas las prescripciones que establece, en cuanto a tipo, materiales, ejecución, control de calidad y especificaciones de la unidad acabada, los artículos 701, 702 y 703 del PG-3.

Los tipos de señalización y los materiales utilizados se indican a los planos. Todas las señales son de nivel de reflectancia 2.

Señalización de los tramos de obra:

Al punto donde tenga que empezarse cada aplicación de marcas viales longitudinales, habrá de disponerse una señal para advertir el tráfico usuario de la presencia de equipos en la calzada, y, a más, vallas metálicas para cortar la circulación por el carril utilizado por la máquina aplicadora.

Doscientos metros antes de la valla, en los dos bordes de la carretera, se colocarán señales de prohibición de adelantar; antes de la valla se colocarán las señales verticales necesarias para reducir la velocidad desde el valor permitido en la carretera hasta 40 Km/h, de 20 en 20 Km/h, con separación de 50 m; cincuenta metros antes de la valla se colocará la señal de estrechamiento y cerca mismo de la valla la señal de obras. Al punto final se dispondrá la misma señalización en el carril de sentido contrario.

Detrás de la máquina aplicadora, un furgón con plataforma abierta, servirá para colocar conos con reflectantes a los comienzos de los trozos continuos de las rayas intermitentes, o con alineación a la mínima distancia consentida por la base de los conos con respecto a las líneas continuas dentro del carril dejado por el tráfico usuario, para proteger las marcas blandas hasta su endurecimiento completo.

El paso alternativo del tráfico deberá ser regulado con señaleros. Como el corte será largo, y los señaleros no podrán verse entre ellos, normalmente, tendrán que disponer de teléfonos móviles, walkie-talkies o alguna otra manera de comunicación,

para que puedan decirse cuál es el último vehículo del paquete liberado dentro del corte.

Las medidas anteriores son necesarias para el pintado de todas las marcas longitudinales a las carreteras sin riberas de anchura suficiente para admitir el desplazamiento de la máquina aplicadora, y de las rayas en el eje de la calzada, en cualquier caso.

Si las riberas son de anchura suficiente, no habrá que cortar el tráfico en ningún carril, excepto cuándo se pinte la raya del eje, como ya se ha mencionado, siendo suficiente entonces de disponer las limitaciones de velocidad y la señal de peligro de obras.

Los lugares donde se tengan que aplicar flechas, letreros o cebreados, se aislarán del tráfico mediante conos y vallas, con el fin de crear un espacio de trabajo protegido. Fuera de este espacio, se adoptará la señalización más adecuada, de acuerdo con la situación dentro de los carriles y las características geométricas de la carretera en aquellos lugares.

Protecciones personales:

Todos los componentes del equipo humano estarán provistos de chalecos reflectantes y máscaras respiratorias. Además, para cargar materiales, se utilizarán guantes de caucho para proteger la piel.

La máquina aplicadora y el furgón llevarán detrás un panel redoblando con flecha orientadora cabe en el carril libre, y luces destellantes de color naranja.

Los envases vacíos y los restos de materiales de cualquier cariz, serán reunidos y entregados a empresas especializadas en su recogida y reciclaje, o conducción en depósito, siendo totalmente prohibido tirarlos en los dispositivos de drenaje o al suelo o a lechos.

3.7. Seguridad vial y desvíos provisionales

Definición y condiciones de la partida de obra ejecutada:

Este pliego incluye las operaciones de seguridad vial, señalización, balizamiento, colocación de barreras de seguridad y desvíos provisionales durante la ejecución de las obras, tanto de tráfico rodado como de peatones.

La ejecución de la unidad de obra incluye las operaciones siguientes:

- ✓ Replanteo previo de todos los elementos a colocar en la protección y señalización de los tramos en obra.
- ✓ Suministro, transporte en la obra, colocación, retirada y traslado inmediatamente después de que acabe su necesidad de:
 - Barreras rígidas y flexibles de seguridad, incluido terminales.
 - Señales y letreros de señalización verticales para ordenación del tráfico, incluido cimentación, soportes y elementos auxiliar de fijación.
 - Conos.
 - Balizas luminosas intermitentes y fijas.
 - Semáforos provisionales.
 - Captafaros.
 - Cualquier otro elemento necesario para la protección y señalización de las obras de acuerdo con la normativa vigente.
 - Elementos estructurales para la creación de pasos y pasarelas.
 - Acometidas provisionales o grupos electrógenos por suministra eléctrico de la señalización a balizamiento.
 - Todo el material necesario por la instalación de los elementos anteriormente mencionados y su correcto funcionamiento (cuadros eléctricos, tubulares, cableados, soportes...).
 - Replanteo y ejecución de marcas viarias provisionales de obra.
 - Eliminación de marcas viarias existentes y provisionales.
 - Ejecución de accesos para peatones con planchas metálicas o de madera y/o pasarelas de peatones.
 - Vigilancia y mantenimiento de las señalizaciones colocadas de día y noche.
 - La totalidad de trabajos, materiales y obras necesarias para establecer en condiciones la circulación afectada por la ejecución de las obras definidas en el proyecto, en toda la longitud en que éstas se estén desarrollando en todos los tramos afectados, incluido extremos e inmediaciones y las modificaciones de acuerdo con el desarrollo de las obras.

Condiciones generales:

Las marcas viarias tienen que tener el color, forma, dimensiones y ubicación indicados por la D.F.

La capa de pintura tiene que ser clara, uniforme y duradera.

Las señales de circulación tienen que estar fijadas al apoyos en plano vertical en la posición indicada y aprobada por la D.F.

Todas las instalaciones eléctricas tendrán que tener las correspondientes legalizaciones.

Condiciones del proceso de ejecución:

La superficie donde se ha aplicar la pintura de marcas viales provisionales tiene que estar limpia y completamente seca.

Se tienen que proteger las marcas viales durante el proceso de secado.

En las señales y letreros de señalización vertical, no se tienen que producir daños en la pintura, ni abolladuras ala plancha, ni se tiene que agujerear la plancha para fijarla, se tiene que utilizar los agujeros existentes.

En todas las señales, hitos, balizas, etc. se tiene que colocar de manera que les garantice su verticalidad e inmovilidad.

En las barreras prefabricadas las piezas tienen que estar unidas con los dispositivos suministrados por el fabricante.

Las instalaciones eléctricas tendrán que llevar los correspondientes cuadros de protección y red de tierras.

Normativa de cumplimiento obligatorio:

- ✓ Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG. 3/75, aprobado por O.M. de 6 de febrero de 1976, con las modificaciones y ampliaciones introducidas a su articulado por los anexos a la Instrucción de "Secciones de Firme en Autovías", aprobada por O.M. de 31 de julio de 1986 (B.O.E. del 5 de septiembre), O.C. 5/2001, O.C. 297/88 T, de 29 de marzo de 1988, O.M. de

28 de septiembre de 1989 (B.O.E. del 9 de octubre), "Elementos de señalización, balizamiento y defensa de las carreteras", O.M. del 13 de febrero de 2002.

- ✓ 8.3-IC: "Instrucción de carreteras. Señalización de obras".

4. MEDICIÓN Y ABONO

4.1. Vigas Tensairity®

4.1.1. Tejido para tubo hinchable

El abono se realizará por metros cuadrados de tejido utilizados, deducidos del modelo tridimensional de los tubos.

El precio incluye las pérdidas por cortes, restos y todos los trabajos adecuados para fabricarlos.

4.1.2. Cinta textil para elemento de tracción

El abono se realizará por metros lineales utilizados, deducidos de los planos del proyecto.

El precio incluye las pérdidas por cortes, restos y todos los trabajos adecuados para fabricarlos.

4.1.3. Madera para elemento de compresión

El abono se realizará por metros lineales de los perfiles de madera, deducidos de los planos del proyecto.

El precio incluye las pérdidas por cortes, restos y todos los trabajos adecuados por mecanización de las piezas.

4.1.4. Acero para apoyos

Se abonará por kg. totales una vez fabricados.

El precio incluye las pérdidas por cortes, restos y todos los trabajos adecuados por mecanización de las piezas.

4.2. Cimentaciones por pilotes de madera hincados a percusión

Las cimentaciones por pilotes hincados a percusión se abonarán por metros (m) de pilote realmente colocados, medidos en el terreno como suma de las longitudes de cada uno de ellos, desde la punta hasta la cara inferior del encepado. En este precio se deberá contemplar la parte proporcional del sobrante necesario para asegurar la correcta conexión del pilote con el encepado.

No serán de abono las pruebas de carga ni los ensayos, si su realización se produce como consecuencia de un trabajo defectuoso o por causas que le sean imputables al Contratista.

No serán de abono los pilotes hincados con desviaciones superiores a las indicadas en este Pliego o en el Proyecto, salvo justificación técnica de su validez mediante estudio firmado por técnico competente, aprobado por el Director de las Obras.

No serán de abono los pilotes que presenten, durante su hinca, disgregaciones en su fuste, roturas o fisuras de espesor superior a quince centésimas de milímetro (0,15 mm).

No serán de abono los pilotes que no hayan alcanzado la profundidad prevista, cuando el rechazo obtenido en las tres (3) últimas andanadas fuera superior al especificado.

4.3. Estructuras de madera

4.3.1. Estructura

El abono se realizará por metros lineales de cada uno de los distintos perfiles de madera, deducidos de los planos del proyecto.

El precio incluye las pérdidas por cortes, restos y todos los trabajos adecuados por mecanización de las piezas, así como material extra necesario para el montaje.

4.3.2. Uniones

Se abonará por unidad realmente realizada, de acuerdo con las dimensiones en los planos.

El precio incluye los pernos roscados, arandelas y elementos accesorios.

4.4. Señalización y balizamiento

Marcas viales:

Las marcas viales lineales de anchura uniforme aplicadas con un material determinado, se medirán por los metros (m) sumados por los trozos llenos de cada anchura y se abonarán por aplicación a cada medición de los precios unitarios correspondientes del Cuadro de Precios nº 1.

Las marcas viales de otro tipo (letreros, cebreados, símbolos...) se medirán por los metros cuadrados (m²) totales realmente pintados, y se abonarán al precio correspondiente del Cuadro de Precios nº 1.

4.5. Seguridad vial y desvíos provisionales

P.A. de cobro íntegro para la seguridad vial, señalización, abalizamiento y desvíos provisionales durante la ejecución de las obras, según indicaciones de la D.F.

El precio de la unidad incluye todos los conceptos y operaciones incluidas en la definición y condiciones de la partida de obra ejecutada y del proceso de ejecución definidos a los apartados anteriores.

Barcelona, Junio 2012

Autor del Proyecto: Carles Estruch Tena

Titulación: Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Documento nº 4

PRESUPUESTO

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

- 4.1. Mediciones
- 4.2. Cuadro de precios nº 1
- 4.3. Cuadro de precios nº 2
- 4.4. Presupuesto
- 4.5. Resumen del presupuesto
- 4.6. Última hoja

Documento nº 4: Presupuesto

MEDICIONES

1. VIGAS TENSAIRITY®		
UA	DESCRIPCION	CANTIDAD
1.1. Tubo hinchable		
m2	Tejido técnico PLASTEL® 8820 (Mehler Technologies)	750,00
h	Uso de máquina de corte especializada para materiales textiles	6,00
h	Uso de máquina de soldadura de alta frecuencia especializada para materiales plásticos	74,00
1.2. Elemento de tracción		
m	Cinta de carga de 300mm de anchura y 3,8 mm de grosor, con una resistencia a la rotura de 45 tn (Murtra)	119,00
1.3. Elemento de compresión		
m	8 perfiles de 10,3m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 225mm x 51mm, con curvatura r=147,3m, encolados dos a dos para formar 4 perfiles de 225mm x 102mm	82,40
m	8 perfiles de 12,0m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 225mm x 51mm, con curvatura r=147,3m, encolados dos a dos para formar 4 perfiles de 225mm x 102mm	96,00
1.4. Apoyos		
kg	Acero inoxidable austenítico en barras corrugadas con molibdeno, de designación AISI 316	3286,00
h	Fabricación de apoyos de acero inoxidable en taller mediante corte láser y soldadura	8,00
1.5. Posicionamiento		
ud	Transporte, montaje y desmontaje de grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta	1,00
mes	Grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta	1,00

2. CIMENTACION

UA	DESCRIPCION	CANTIDAD
2.1. Pilotes		
m	24 pilotes de madera de pino tratada de 8m de longitud y diámetro 150mm	192,00
m	4 pilotes de madera de pino tratada de 10m de longitud y diámetro 350mm	40,00
2.2. Hincado pilotes		
ud	Desplazamiento, montaje y desmontaje en la obra del equipo de hincado para pilotes prefabricados	1,00
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 15 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas	192,00
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 35 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas	40,00

3. SUPERESTRUCTURA PASARELA TENSAIRITY®

UA	DESCRIPCION	CANTIDAD
3.1. Vigas transversales		
m	48 perfiles de 7,5m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 24 perfiles de 150mm x 102mm	360,00
3.2. Tablero		
m	120 perfiles de 8,25m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm, con curvatura r=147,5m	990,00
m	60 perfiles de 7,00m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm, con curvatura r=147,5m	420,00

3.3. Barandillas		
m	96 perfiles de 1,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 48 perfiles de 100mm x 102mm	100,80
m	96 perfiles de 1,21m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	116,16
m	8 perfiles de 8,30m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm, con curvatura $r=148,0m$	66,40
m	4 perfiles de 7,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm, con curvatura $r=148,0m$	28,20
m	4 perfiles de 8,32m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, con curvatura $r=148,6m$	33,28
m	2 perfiles de 7,06m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, con curvatura $r=148,6m$	14,12

4. SUPERESTRUCTURA DE MADERA NORTE

UA	DESCRIPCION	CANTIDAD
4.1. Vigas transversales		
m	14 perfiles de 7,5m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 7 perfiles de 150mm x 102mm	105,00
4.2. Tablero		
m	60 perfiles de 7,80m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	468,00
m	60 perfiles de 7,59m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	455,40
4.3. Barandillas		

m	28 perfiles de 1,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 48 perfiles de 100mm x 102mm	29,40
m	28 perfiles de 1,21m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	33,88
m	4 perfiles de 7,80m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm	31,20
m	4 perfiles de 7,59m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm	30,36
m	2 perfiles de 7,80m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm	15,60
m	2 perfiles de 7,59m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm	15,18

5. SUPERESTRUCTURA DE MADERA SUR

UA	DESCRIPCION	CANTIDAD
5.1. Vigas transversales		
m	10 perfiles de 7,5m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 7 perfiles de 150mm x 102mm	75,00
5.2. Tablero		
m	60 perfiles de 10,29m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	617,40
5.3. Barandillas		
m	20 perfiles de 1,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 48 perfiles de 100mm x 102mm	21,00

m	20 perfiles de 1,21m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	24,20
m	4 perfiles de 10,29m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm	41,16
m	2 perfiles de 10,29m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm	20,58

6. ELEMENTOS AUXILIARES CONSTRUCCION

UA	DESCRIPCION	CANTIDAD
m2	46 tablas de madera de pino de 35 mm de espesor y de dimensiones 3,50m x 0,70m, pegadas dos a dos para formar 23 tableros	112,70

7. PARTIDAS ALZADAS

UA	DESCRIPCION	CANTIDAD
7.1. Montaje		
ud	Partida alzada para el montaje de la pasarela Tensairity®, incluyendo toda la tornillería, herramientas y mano de obra necesaria	1,00
7.2. Motorización		
ud	Partida alzada para la motorización de la pasarela Tensairity® mediante el uso de compresores, válvulas y sensores de control de presión, con conexionado eléctrico	1,00
7.3. Señalización desvíos		
ud	Partida alzada de cobro íntegro para la seguridad vial, señalización, balizamiento y desvíos provisionales durante la ejecución de las obras, según indicación de la Dirección de Obra	1,00

7.4. Seguridad y Salud		
ud	Partida alzada a justificar para la Seguridad y Salud, en base al Estudio de Seguridad y Salud de la obra	1,00
7.5. Finalización de trabajos		
ud	Partida alzada de limpieza y finalización de trabajos	1,00

Documento nº 4: Presupuesto

CUADRO DE PRECIOS nº1

1. MATERIALES

UA	DESCRIPCION	PRECIO
m2	Tejido técnico PLASTEL® 8820 (Mehler Technologies) (TRES EUROS CON QUINCE CENTIMOS)	3,15 €
m	Cinta de carga de 300mm de anchura y 3,8 mm de grosor, con una resistencia a la rotura de 45 tn (Murtra) (CUATRO EUROS CON DOCE CENTIMOS)	4,12 €
kg	Acero inoxidable austenítico en barras corrugadas con molibdeno, de designación AISI 316 (DOS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CENTIMOS)	2,84 €
m	Pilotes de madera de pino tratada de diámetro 150mm (DIEZ EUROS CON SESENTA CENTIMOS)	10,60 €
m	Pilotes de madera de pino tratada de diámetro 350mm (CINCUENTA Y SIETE EUROS CON SETENTA Y TRES CENTIMOS)	57,73 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 225mm x 51mm (DIECISIETE EUROS CON VEINTIUN CENTIMOS)	17,21 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm (ONCE EUROS CON CUARENTA Y OCHO CENTIMOS)	11,48 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm (SIETE EUROS CON CUARENTA Y TRES CENTIMOS)	7,43 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm (SIETE EUROS CON SESENTA Y CINCO CENTIMOS)	7,65 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm CUATRO EUROS CON NOVENTA Y CINCO CENTIMOS)	4,95 €
m2	Tablas de madera de pino de 35 mm de espesor (DIECISEIS EUROS CON NOVENTA Y OCHO CENTIMOS)	16,98 €

2. MAQUINARIA/FABRICACION

UA	DESCRIPCION	PRECIO
h	Uso de máquina de corte especializada para materiales textiles (CUARENTA EUROS)	40,00 €
h	Uso de máquina de soldadura de alta frecuencia especializada para materiales plásticos (SETENTA EUROS)	70,00 €
h	Fabricación de apoyos de acero inoxidable en taller mediante corte láser y soldadura (CINCUENTA EUROS)	50,00 €
ud	Transporte, montaje y desmontaje de grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta (SEIS MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS)	6.642,00 €
mes	Grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta (MIL SETECIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON VEINTIDOS CENTIMOS)	1.799,22 €
ud	Desplazamiento, montaje y desmontaje en la obra del equipo de hincas para pilotes prefabricados (SIETE MIL CINCUENTA Y TRES EUROS CON SESENTA Y CUATRO CENTIMOS)	7.053,64 €
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 15 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas (CUARENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y SIETE CENTIMOS)	3,22 €
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 35 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas (SESENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y OCHO CENTIMOS)	4,58 €

3. PARTIDAS ALZADAS

UA	DESCRIPCION	PRECIO
ud	Partida alzada para el montaje de la pasarela Tensairity®, incluyendo toda la tornillería, herramientas y mano de obra necesaria (VEINTICINCO MIL EUROS)	25.000,00 €
ud	Partida alzada para la motorización de la pasarela Tensairity® mediante el uso de compresores, válvulas y sensores de control de presión, con conexionado eléctrico e iluminación (CUATRO MIL SEISCIENTOS CUARENTA EUROS)	4.640,00 €
ud	Partida alzada de cobro íntegro para la seguridad vial, señalización, balizamiento y desvíos provisionales durante la ejecución de las obras, según indicación de la Dirección de Obra (DOS MIL EUROS)	2.000,00 €
ud	Partida alzada a justificar para la Seguridad y Salud, en base al Estudio de Seguridad y Salud de la obra (OCHO MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS CON DOCE CENTIMOS)	8.655,12 €
ud	Partida alzada de limpieza y finalización de trabajos (MIL EUROS)	1.000,00 €

Documento nº 4: Presupuesto

CUADRO DE PRECIOS nº2

1. MATERIALES

UA	DESCRIPCION	PRECIO
m2	Tejido técnico PLASTEL® 8820 (Mehler Technologies)	3,15 €
	Sin desglose	3,15 €
m	Cinta de carga de 300mm de anchura y 3,8 mm de grosor, con una resistencia a la rotura de 45 tn (Murtra)	4,12 €
	Sin desglose	4,12 €
kg	Acero inoxidable austenítico en barras corrugadas con molibdeno, de designación AISI 316	2,84 €
	Sin desglose	2,84 €
m	Pilotes de madera de pino tratada de diámetro 150mm	10,60 €
	Sin desglose	10,60 €
m	Pilotes de madera de pino tratada de diámetro 350mm	57,73 €
	Sin desglose	57,73 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 225mm x 51mm	17,21 €
	Madera	12,62 €
	Tratamiento	4,59 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm	11,48 €
	Madera	8,42 €
	Tratamiento	3,06 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm	7,43 €
	Madera	5,45 €
	Tratamiento	1,98 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm	7,65 €
	Madera	5,61 €
	Tratamiento	2,04 €
m	Perfiles de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	4,95 €
	Madera	3,63 €
	Tratamiento	1,32 €
m2	Tablas de madera de pino de 35 mm de espesor	16,98 €
	Sin desglose	16,98 €

2. MAQUINARIA/FABRICACION

UA	DESCRIPCION	PRECIO
h	Uso de máquina de corte especializada para materiales textiles	40,00 €
	Sin desglose	40,00 €
h	Uso de máquina de soldadura de alta frecuencia especializada para materiales plásticos	70,00 €
	Sin desglose	70,00 €
h	Fabricación de apoyos de acero inoxidable en taller mediante corte láser y soldadura	50,00 €
	Sin desglose	50,00 €
ud	Transporte, montaje y desmontaje de grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta	6.642,00 €
	Transporte	1.840,00 €
	Montaje y desmontaje	4.802,00 €
mes	Grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta	1.799,22 €
	Sin desglose	1.799,22 €
ud	Desplazamiento, montaje y desmontaje en la obra del equipo de hincas para pilotes prefabricados	7.053,64 €
	Sin desglose	7.053,64 €
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 15 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas	3,22 €
	Peón	1,25 €
	Martinete de caída libre y efecto simple	1,94 €
	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,03 €
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 35 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas	4,58 €
	Peón	1,78 €
	Martinete de caída libre y efecto simple	2,75 €
	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,04 €

3. PARTIDAS ALZADAS

UA	DESCRIPCION	PRECIO
ud	Partida alzada para el montaje de la pasarela Tensairity®, incluyendo toda la tornillería, herramientas y mano de obra necesaria	25.000,00 €
	Sin desglose	25.000,00 €
ud	Partida alzada para la motorización de la pasarela Tensairity® mediante el uso de compresores, válvulas y sensores de control de presión, con conexionado eléctrico e iluminación	4.640,00 €
	Compresores	800,00 €
	Sensores de presión	240,00 €
	PLC	200,00 €
	SAI	400,00 €
	Otros conceptos	2.000,00 €
	Iluminación	1.000,00 €
ud	Partida alzada de cobro íntegro para la seguridad vial, señalización, balizamiento y desvíos provisionales durante la ejecución de las obras, según indicación de la Dirección de Obra	2.000,00 €
	Sin desglose	2.000,00 €
ud	Partida alzada a justificar para la Seguridad y Salud, en base al Estudio de Seguridad y Salud de la obra	8.655,12 €
	Sin desglose	8.655,12 €
ud	Partida alzada de limpieza y finalización de trabajos	1.000,00 €
	Sin desglose	1.000,00 €

Documento nº 4: Presupuesto

PRESUPUESTO

1. VIGAS TENSAIRITY®				
UA	DESCRIPCION	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
1.1. Tubo hinchable				
m2	Tejido técnico PLASTEL® 8820 (Mehler Texnologies)	3,15 €	750,00	2.362,50 €
h	Uso de máquina de corte especializada para materiales textiles	40,00 €	6,00	240,00 €
h	Uso de máquina de soldadura de alta frecuencia especializada para materiales plásticos	70,00 €	74,00	5.180,00 €
1.2. Elemento de tracción				
m	Cinta de carga de 300mm de anchura y 3,8 mm de grosor, con una resistencia a la rotura de 45 tn (Murtra)	4,12 €	119,00	490,28 €
1.3. Elemento de compresión				
m	8 perfiles de 10,3m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 225mm x 51mm, con curvatura r=147,3m, encolados dos a dos para formar 4 perfiles de 225mm x 102mm	17,21 €	82,40	1.418,31 €
m	8 perfiles de 12,0m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 225mm x 51mm, con curvatura r=147,3m, encolados dos a dos para formar 4 perfiles de 225mm x 102mm	17,21 €	96,00	1.652,40 €
1.4. Apoyos				
kg	Acero inoxidable austenítico en barras corrugadas con molibdeno, de designación AISI 316	2,84 €	3286,00	9.332,24 €
h	Fabricación de apoyos de acero inoxidable en taller mediante corte láser y soldadura	50,00 €	8,00	400,00 €

1.5. Posicionamiento				
ud	Transporte, montaje y desmontaje de grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta	6.642,00 €	1,00	6.642,00 €
mes	Grúa de 30 m de pluma, 40 m de altura y 2 t de peso en punta	1.799,22 €	1,00	1.799,22 €
TOTAL CAPITULO 1: VIGAS TENSAIRITY®				29.516,95 €

2. CIMENTACION

UA	DESCRIPCION	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
2.1. Pilotes				
m	24 pilotes de madera de pino tratada de 8m de longitud y diámetro 150mm	10,60 €	192,00	2.035,75 €
m	4 pilotes de madera de pino tratada de 10m de longitud y diámetro 350mm	57,73 €	40,00	2.309,07 €
2.2. Hincado pilotes				
ud	Desplazamiento, montaje y desmontaje en la obra del equipo de hincado para pilotes prefabricados	7.053,64 €	1,00	7.053,64 €
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 15 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas	3,22 €	192,00	618,77 €
m	Hinca vertical de pilotes de madera de 35 cm de diámetro, con azuche normal, en terreno de arenas	4,58 €	40,00	183,11 €
TOTAL CAPITULO 2: CIMENTACION				12.200,35 €

3. SUPERESTRUCTURA PASARELA TENSAIRITY®

UA	DESCRIPCION	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
3.1. Vigas transversales				
m	48 perfiles de 7,5m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 24 perfiles de 150mm x 102mm	11,48 €	360,00	4.131,00 €
3.2. Tablero				
m	120 perfiles de 8,25m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm, con curvatura r=147,5m	4,95 €	990,00	4.900,50 €
m	60 perfiles de 7,00m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm, con curvatura r=147,5m	4,95 €	420,00	2.079,00 €
3.3. Barandillas				
m	96 perfiles de 1,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 48 perfiles de 100mm x 102mm	7,65 €	100,80	771,12 €
m	96 perfiles de 1,21m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	4,95 €	116,16	574,99 €
m	8 perfiles de 8,30m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm, con curvatura r=148,0m	7,43 €	66,40	493,02 €
m	4 perfiles de 7,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm, con curvatura r=148,0m	7,43 €	28,20	209,39 €
m	4 perfiles de 8,32m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, con curvatura r=148,6m	11,48 €	33,28	381,89 €

m	2 perfiles de 7,06m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, con curvatura r=148,6m	11,48 €	14,12	162,03 €
TOTAL CAPITULO 3: SUPERESTRUCTURA PASARELA TENSAIRITY®				13.702,93 €

4. SUPERESTRUCTURA DE MADERA NORTE

UA	DESCRIPCION	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
4.1. Vigas transversales				
m	14 perfiles de 7,5m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 7 perfiles de 150mm x 102mm	11,48 €	105,00	1.204,88 €
4.2. Tablero				
m	60 perfiles de 7,80m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	4,95 €	468,00	2.316,60 €
m	60 perfiles de 7,59m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	4,95 €	455,40	2.254,23 €
4.3. Barandillas				
m	28 perfiles de 1,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 48 perfiles de 100mm x 102mm	7,65 €	29,40	224,91 €
m	28 perfiles de 1,21m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	4,95 €	33,88	167,71 €
m	4 perfiles de 7,80m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm	7,43 €	31,20	231,66 €
m	4 perfiles de 7,59m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x	7,43 €	30,36	225,42 €

	33mm			
m	2 perfiles de 7,80m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm	11,48 €	15,60	179,01 €
m	2 perfiles de 7,59m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm	11,48 €	15,18	174,19 €
TOTAL CAPITULO 4: SUPERESTRUCTURA DE MADERA NORTE				6.978,60 €

5. SUPERESTRUCTURA DE MADERA SUR

UA	DESCRIPCION	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
5.1. Vigas transversales				
m	10 perfiles de 7,5m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 7 perfiles de 150mm x 102mm	11,48 €	75,00	860,63 €
5.2. Tablero				
m	60 perfiles de 10,29m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	4,95 €	617,40	3.056,13 €
5.3. Barandillas				
m	20 perfiles de 1,05m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 51mm, encolados dos a dos para formar 48 perfiles de 100mm x 102mm	7,65 €	21,00	160,65 €
m	20 perfiles de 1,21m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 100mm x 33mm	4,95 €	24,20	119,79 €
m	4 perfiles de 10,29m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 33mm	7,43 €	41,16	305,61 €

m	2 perfiles de 10,29m de longitud de madera KERTO-Q (Finnforest) de sección 150mm x 51mm	11,48 €	20,58	236,16 €
TOTAL CAPITULO 5: SUPERESTRUCTURA DE MADERA SUR				4.738,96 €

6. ELEMENTOS AUXILIARES CONSTRUCCION

UA	DESCRIPCION	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
m2	46 tablas de madera de pino de 35 mm de espesor y de dimensiones 3,50m x 0,70m, pegadas dos a dos para formar 23 tableros	16,98 €	112,70	1.913,65 €
TOTAL CAPITULO 6: ELEMENTOS AUXILIARES CONSTRUCCION				1.913,65 €

7. PARTIDAS ALZADAS

UA	DESCRIPCION	PRECIO	CANTIDAD	IMPORTE
7.1. Montaje				
ud	Partida alzada para el montaje de la pasarela Tensairity®, incluyendo toda la tornillería, herramientas y mano de obra necesaria	25.000,00 €	1,00	25.000,00 €
7.2. Motorización				
ud	Partida alzada para la motorización de la pasarela Tensairity® mediante el uso de compresores, válvulas y sensores de control de presión, con conexionado eléctrico	4.640,00 €	1,00	4.640,00 €
7.3. Señalización desvíos				
ud	Partida alzada de cobro íntegro para la seguridad vial, señalización, balizamiento y desvíos provisionales durante la ejecución	2.000,00 €	1,00	2.000,00 €

	de las obras, según indicación de la Dirección de Obra			
7.4. Seguridad y Salud				
ud	Partida alzada a justificar para la Seguridad y Salud, en base al Estudio de Seguridad y Salud de la obra	8.655,12 €	1,00	8.655,12 €
7.5. Finalización de trabajos				
ud	Partida alzada de limpieza y finalización de trabajos	1.000,00 €	1,00	1.000,00 €
TOTAL CAPITULO 7: PARTIDAS ALZADAS				41.295,12 €

Documento nº 4: Presupuesto

**RESUMEN DEL
PRESUPUESTO**

**PUENTE TENSAIRITY® PARA PASARELA PEATONAL
EN EL PMT-UPC DE CASTELLDEFELS**

RESUMEN DE PRESUPUESTO

PRESUPUESTO POR CAPITULOS DESGLOSADOS	IMPORTE
1. VIGAS TENSAIRITY® 1.1. Tubo hinchable 1.2. Elemento de tracción 1.3. Elemento de compresión 1.4. Apoyos 1.5. Posicionamiento	29.516,95 € 7.782,50 € 490,28 € 3.070,71 € 9.732,24 € 8.441,22 €
2. CIMENTACION 2.1. Pilotes 2.2. Hincado pilotes	12.200,35 € 4.344,82 € 7.855,52 €
3. SUPERESTRUCTURA PASARELA TENSAIRITY® 3.1. Vigas transversales 3.2. Tablero 3.3. Barandillas	13.702,93 € 4.131,00 € 6.979,50 € 2.592,43 €
4. SUPERESTRUCTURA DE MADERA NORTE 4.1. Vigas transversales 4.2. Tablero 4.3. Barandillas	6.978,60 € 1.204,88 € 4.570,83 € 1.202,90 €
5. SUPERESTRUCTURA DE MADERA SUR 5.1. Vigas transversales 5.2. Tablero 5.3. Barandillas	4.738,96 € 860,63 € 3.056,13 € 822,21 €
6. ELEMENTOS AUXILIARES CONSTRUCCION	1.913,65 €
7. PARTIDAS ALZADAS 7.1. Montaje	41.295,12 € 25.000,00 €

**Documento nº 4: Presupuesto
RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

7.2. Motorización	4.640,00 €
7.3. Señalización desvíos	2.000,00 €
7.4. Seguridad y Salud	8.655,12 €
7.5. Finalización de trabajos	1.000,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	110.346,56 €

PRESUPUESTO POR CAPITULOS	IMPORTE
1. VIGAS TENSAIRITY®	29.516,95 €
2. CIMENTACION	12.200,35 €
3. SUPERESTRUCTURA PASARELA TENSAIRITY®	13.702,93 €
4. SUPERESTRUCTURA DE MADERA NORTE	6.978,60 €
5. SUPERESTRUCTURA DE MADERA SUR	4.738,96 €
6. ELEMENTOS AUXILIARES CONSTRUCCION	1.913,65 €
7. PARTIDAS ALZADAS	41.295,12 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	110.346,56 €

PRESUPUESTO OBRA COMPLETA	IMPORTE
PUENTE TENSAIRITY® PARA PASARELA PEATONAL EN EL PMT-UPC DE CASTELLDEFELS	110.346,56 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	110.346,56 €

Documento nº 4: Presupuesto

ÚLTIMA HOJA

**PUENTE TENSAIRITY® PARA PASARELA PEATONAL
EN EL PMT-UPC DE CASTELLDEFELS**

PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA

PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	110.346,56 €
6,00 % Beneficio Industrial SOBRE 110.346,56 €	6.620,79 €
16,00 % Gastos Generales SOBRE 110.346,56 €	17.655,45 €
Subtotal	134.622,81 €
18,00 % IVA SOBRE 134.622,81 €	24.232,11 €
TOTAL PRESUPUESTO POR CONTRATO	158.854,91 €

Este presupuesto de ejecución por contrato asciende a la cantidad de:
(CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON
NOVENTA Y UN CENTIMOS)
