



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

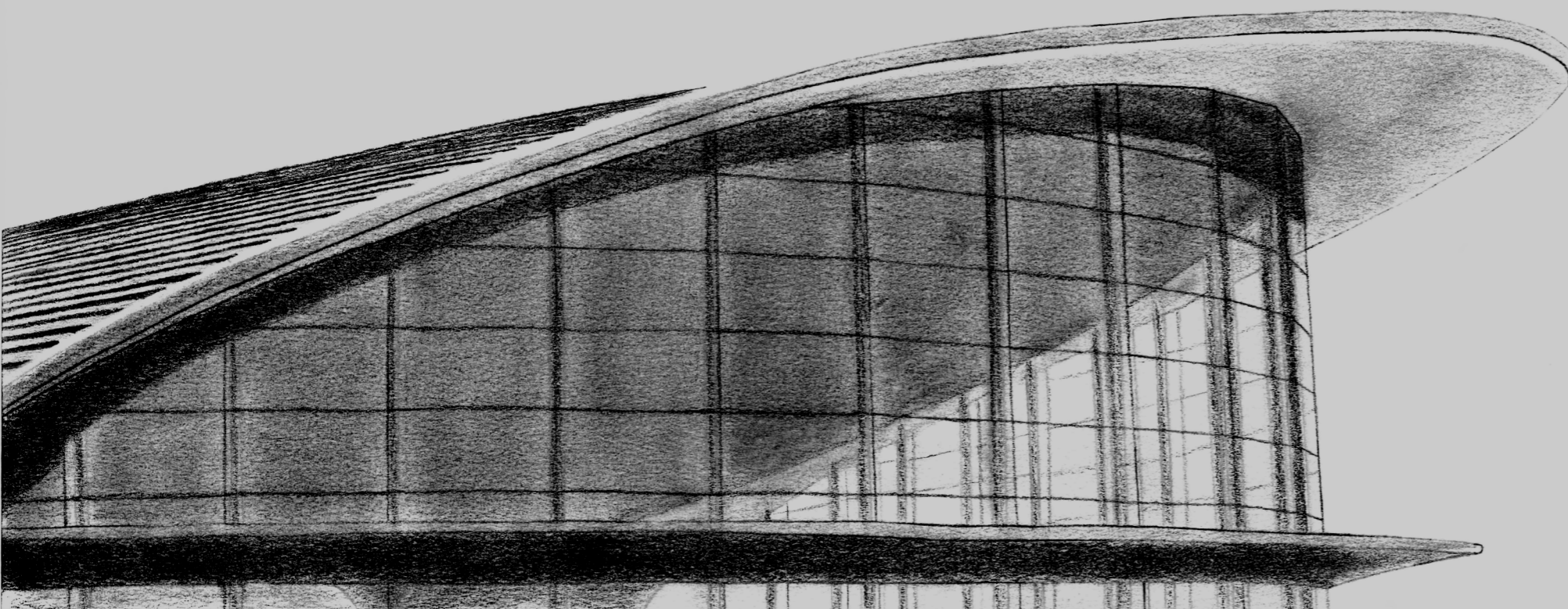
ANÁLISIS GEOMÉTRICO, CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL TERMINAL REGIONAL DEL AEROPUERTO DE MANISES

PABLO ALBEROLA TUDELA

GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

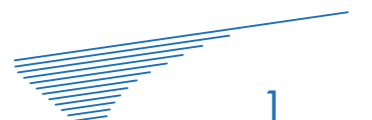
PFG CIENTÍFICO - TÉCNICO JULIO 2013

Tutor: Francisco Javier Sanchis Sampedro

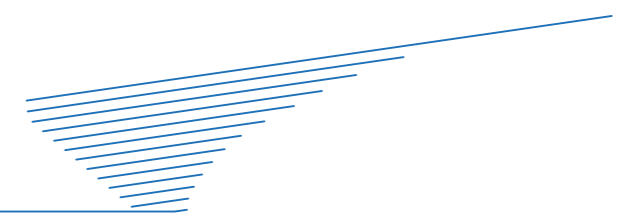


0_ÍNDICE

01_Propuesta.....	2
02_Introducción.....	4
02.1_Historia del aeropuerto.....	5
03_Documentación superficie.....	7
03.1_Situación del edificio.....	8
03.2_Ficha técnica del edificio.....	9
03.3_Vistas generales.....	10
03.4_Secciones.....	11
04_Análisis arquitectónico.....	12
04.1_Francisco Benítez Iglesias.....	13
04.2_Obras de referencia.....	15
04.3_Terminal aeroportuarias.....	17
05_Análisis geométrico.....	18
05.1_Geometría y arquitectura.....	19
05.2_Generación de la superficie.....	20
06_Análisis estructural.....	21
06.1_Forma de trabajo de la cubierta.....	22
06.2_Acciones en la cubierta.....	24
06.3_Análisis de esfuerzos.....	25
07_Análisis constructivo.....	26
07.1_Análisis de esfuerzos.....	27
07.2_Cubierta Kal-zip.....	31
07.3_Plano de ejecución de la obra.....	34
07.4_Orden de construcción de la terminal.....	35
07.5_Proceso de ejecución de la losa laminar.....	38
08_Conclusiones.....	42
09_Bibliografía.....	44
09.1_Bibliografía.....	45
09.2_Índice de imágenes.....	46



01 PROPUESTA



01_PROPUUESTA



Fig 1.1



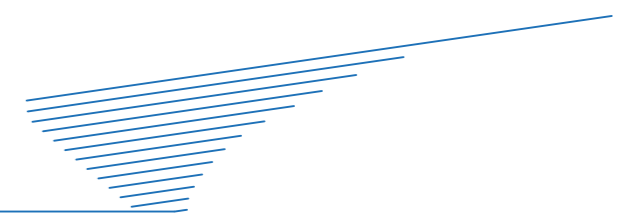
Fig 1.3



Fig 1.2

En el taller 14 vamos a estudiar superficies arquitectónicas singulares, en las cuales analizaremos la geometría, la construcción y la estructura de un edificio o una superficie en concreto. El edificio que voy a estudiar es la Terminal Regional del aeropuerto de Manises, aunque es más conocida como Edificio Satélite, debido a su situación en el aeropuerto. Llama la atención cómo una estructura tan grande de hormigón sólo tenga dos puntos de apoyo, uno a cada lado de la cubierta, y que pueda cubrir tan gran luz tan solo con la ayuda de los pilares y los mencionados puntos de apoyo. El Edificio Satélite da una sensación de ligereza al estar tan iluminado el interior mediante luz natural a través de un muro cortina en gran parte de su perímetro, la cual cosa causa interés en cómo trabaja la estructura para que permita el paso de tanta luz. Es una superficie moderna y atrevida, ya que este tipo de arquitectura no se puede aplicar en muchos tipos de edificaciones, por lo que causa interés en su construcción. A lo largo del taller descubriremos cómo se ha podido llevar a cabo la construcción de la terminal y tendremos la solución a estos puntos de interés.

02 INTRODUCCIÓN



02.1_HISTORIA DEL AEROPUERTO

Fue la ciudad de Valencia uno de los escenarios en los que tuvieron lugar las primeras experiencias de aerostación realizadas en España a finales del siglo XVIII.

El interés de la comunidad valenciana, no sólo por la aeronáutica sino específicamente por el transporte aéreo, pronto se materializó en la constitución de la Junta del Aeropuerto de Valencia en la temprana fecha de 1.929. Desde entonces, el impulso para construir un aeropuerto, primero en la Albufereta y posteriormente en Manises, conllevó la apertura al tráfico aéreo del aeropuerto valenciano en marzo de 1.933.

Hasta la elección del emplazamiento definitivo se barajaron, incluso se llegaron a utilizar, varios lugares como campo de vuelo en la provincia de Valencia: Paterna, playa de Nazaret, playa de la Malvarrosa, puerto marítimo y la Albufera. Fue el establecimiento del aeroclub en terrenos de Manises, gracias al apoyo de su alcalde, la circunstancia decisiva para ubicar el aeropuerto en su municipio.

Las dificultades para construir el proyectado aeropuerto de la Albufera y el ofrecimiento que el alcalde de Manises hizo a la Junta Central de Aeropuertos, aconsejaron modificar los planes y trasladar la construcción del aeropuerto a esa ciudad, cuya apertura oficial tuvo lugar el 19 de marzo de 1.933.



Fig 2.1



Fig 2.2



Fig 2.3

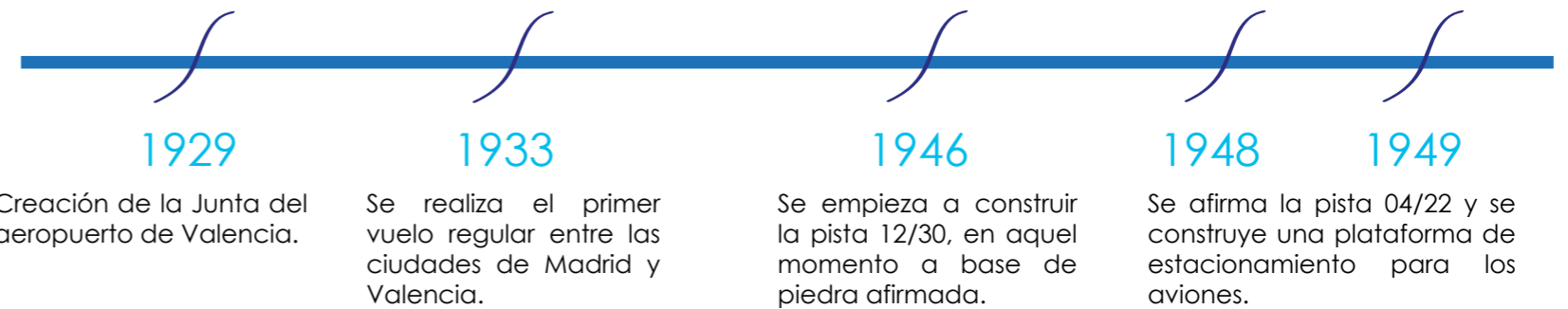


Fig 2.4

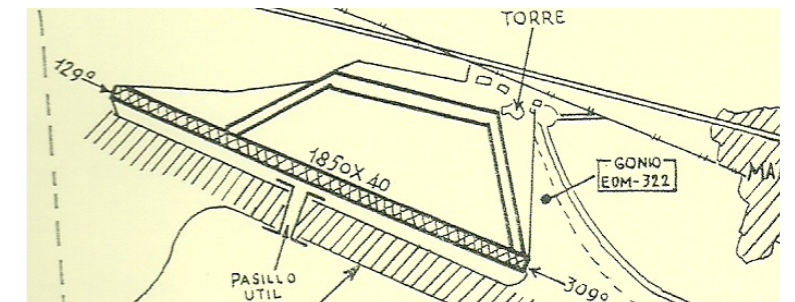


Fig 2.5

1954

Se construye otra calle de rodaje paralela a la pista 12/30 para el servicio de la aviación militar.

1958

Se comienza la instalación de las luces de aproximación, la ampliación de la pista 12/30 y la construcción de la calle de rodaje del extremo noreste y la construcción de sus plataformas de estacionamiento.

1967

Se construye una terminal de pasajeros que se utiliza ahora como zona técnica.

1983

Se inaugura una nueva terminal de pasajeros que utiliza paneles solares para autoabastecerse. A finales de los años setenta, la saturación de la terminal de pasajeros, con tan sólo 3.766 m², obligó a iniciar los trámites para construir una nueva terminal capaz de absorber el creciente tráfico del aeropuerto.

2007

Se inaugura la nueva Terminal Regional. El crecimiento del número de pasajeros a partir del año 2.003 y la designación de la ciudad de Valencia en diciembre de 2.003 como sede de la 32ª Copa América de Vela, sirvió de catalizador para que se agilizará la ampliación del aeropuerto, de forma que estuviese terminada antes del inicio de las regatas en abril de 2.007.

2012

Se inaugura la última obra del aeropuerto, siendo ésta la terminal T2.

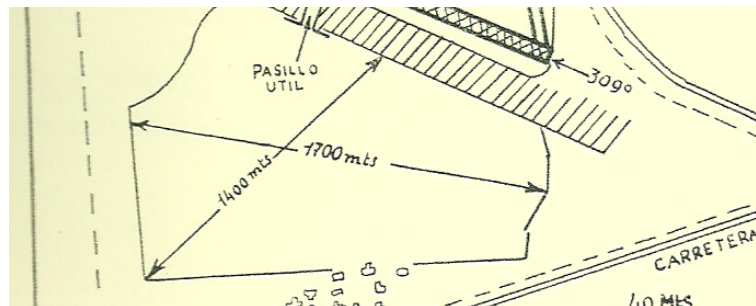


Fig 2.6



Fig 2.7



Fig 2.8

El nuevo edificio terminal, en forma de segmento de corona circular que se adapta perfectamente al estacionamiento de aviones existente. En la planta sótano se encuentran las instalaciones del edificio y la superior está destinada a oficinas, restauración y centro comercial. La mayor innovación, desde el punto de vista arquitectónico y estructural, es la inclusión de una membrana de hormigón armado de 85 x 44 metros de dimensiones en planta, que cubre el vestíbulo de salidas y a su vez se extiende 19,6 metros en voladizo sobre las calzadas de acceso.

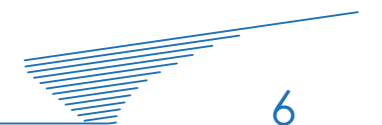


Fig 2.9

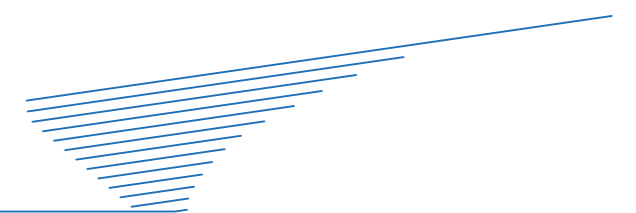
El denominado Plan Valencia representó la más importante ampliación del Aeropuerto de Valencia desde su inauguración. Las principales actuaciones que abarcó la primera fase del plan fueron la prolongación de la pista de vuelo en 500 metros, la ampliación de la plataforma de estacionamiento de aeronaves, la construcción de un edificio de aparcamiento de vehículos, una nueva terminal de aviación general, un nuevo centro de carga aérea y la ampliación de la terminal de pasajeros (T1) dotándolo de un edificio para la aviación regional, que posee una estación de metro integrada.



Fig 2.10



03 DOCUMENTACIÓN SUPERFICIE



03.1_SITUACIÓN DEL EDIFICIO

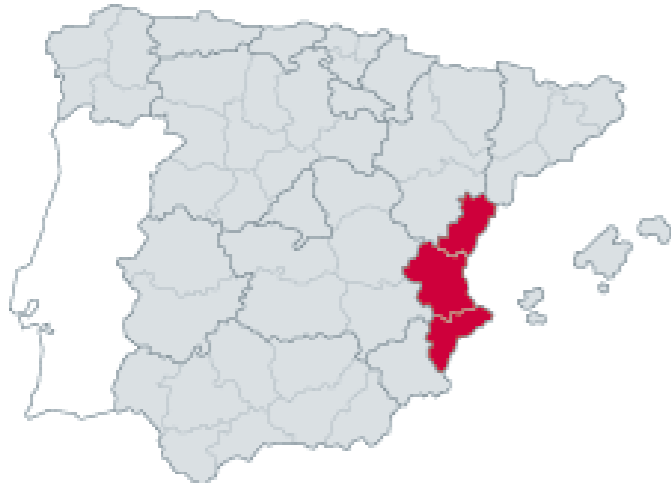


Fig 3.1



Fig 3.2



Fig 3.3

Manises es un municipio de la Comunidad Valenciana, España. Está situado en la provincia de Valencia, en la comarca de la Huerta Oeste. Las localidades limítrofes a Manises son por el norte Paterna, por el sur y el este Quart de Poblet y por el oeste con Ribarroja de Turia. Se extiende de oeste a este siguiendo el curso del río Turia, y en el último ensanche se unió a Quart de Poblet. Tiene una extensión de 21 km². Su distancia a la capital de provincia es de 8 km. Actualmente Manises tiene una población de 30.478 habitantes.

Desde Valencia, se puede acceder a Manises por carretera a través de la A-3 y la V-11. Si se utiliza el transporte público se puede llegar por las líneas 3 y 5 de metro y la línea 150 de autobús. Si el acceso al municipio fuera por el norte se llega por la N-220 y por el oeste a través de la CV-37.

Dentro de la localidad de Manises, el aeropuerto está situado al suroeste y se puede acceder a éste por carretera a través de la V-11, la CV-37 y la N-220. Mediante transporte público se puede llegar a través de la línea 3 de metro, ya que el andén se encuentra en el interior del aeropuerto (estación "Airport").

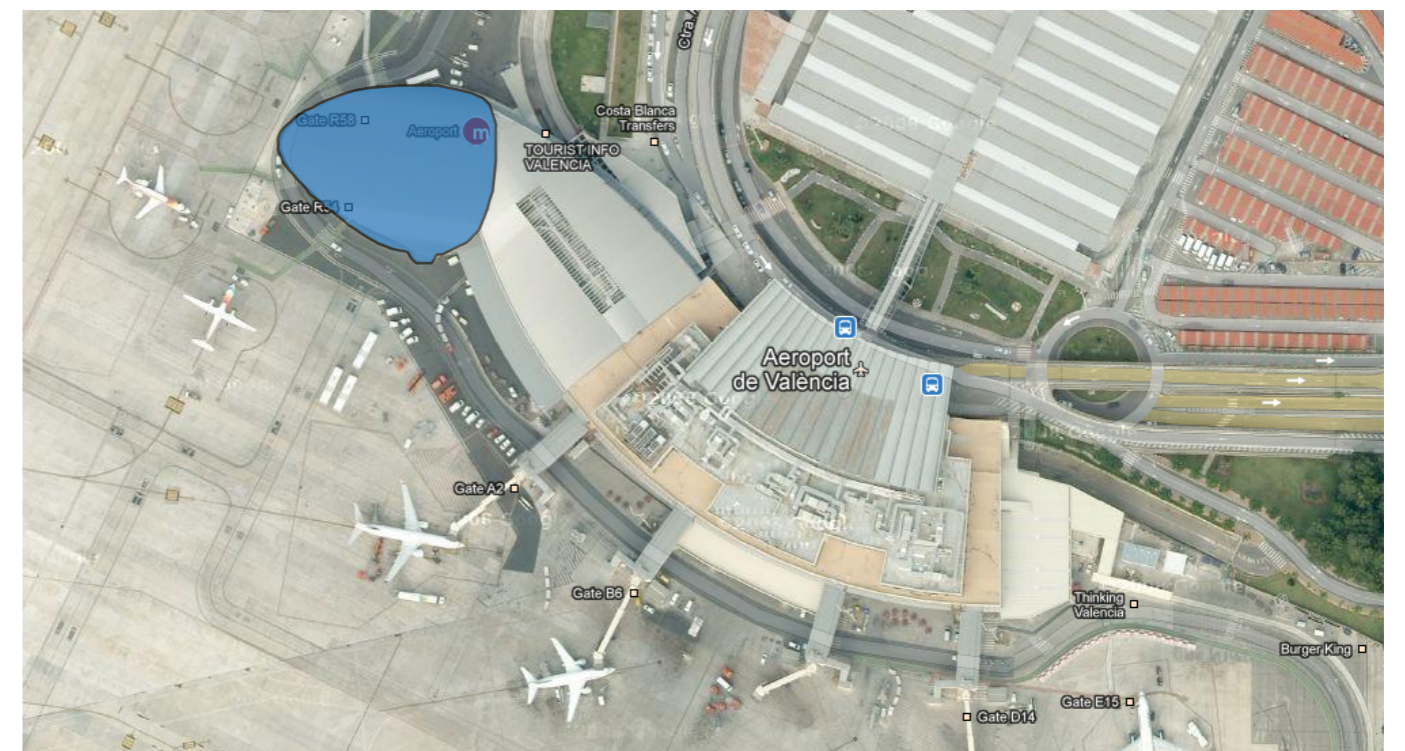


Fig 3.4

03.2_FICHA TÉCNICA DEL EDIFICIO



Arquitecto: Francisco Benítez (fbarquitectura)



Ciente: Initec / Aena

Fecha de concurso: 2.002

Fecha de inicio: 2.005

Fecha de finalización: 2.007

Dirección facultativa: fbarquitectura

Colaboradores: - Instalaciones arafra S.L.

- Estructuras valladares ingeniería



Empresa constructora: fcc



Fig 3.5

Materiales:

Cubierta: Kalzip Douplus de Aluminio

Muro cortina: Octaube

Pavimentos interiores: Pamesa Cerámica - Mármol crema Beida

Revestimientos interiores: Gres ventilado Pamesa - Paneles fenólicos Level

Vidrios: Interpone

Iluminación: Iguzzini

La cubierta del Edificio Satélite está formada por una estructura laminar de hormigón que descansa en dos apoyos laterales y está cubierta en toda su superficie exterior con bandejas rectas Kal-Zip.

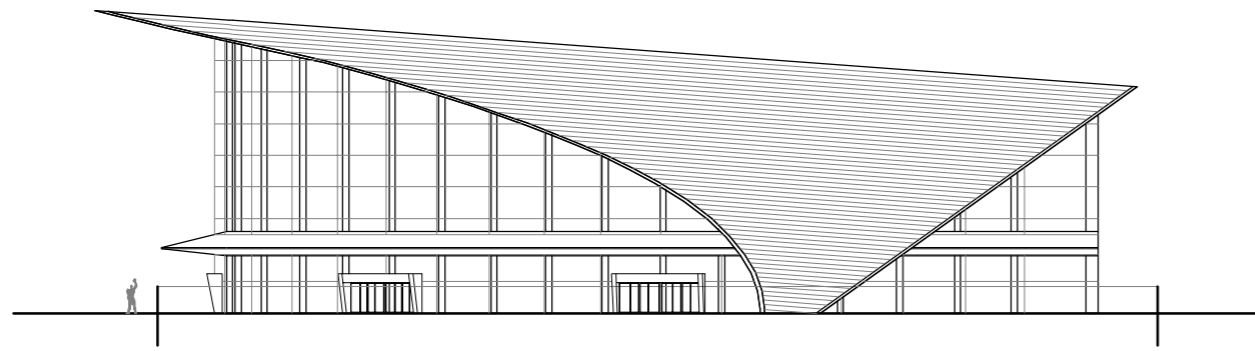
Estructuralmente, la cubierta es una lámina de espesor variable de hormigón soportada por un anillo perimetral postesado que descansa en los dos apoyos laterales mencionados y en los pilares del muro cortina separados cada 4 m.

El ancho máximo de la cubierta es de 57 m y el largo máximo es de 69 m, llegando a una altura máxima de 22 m.

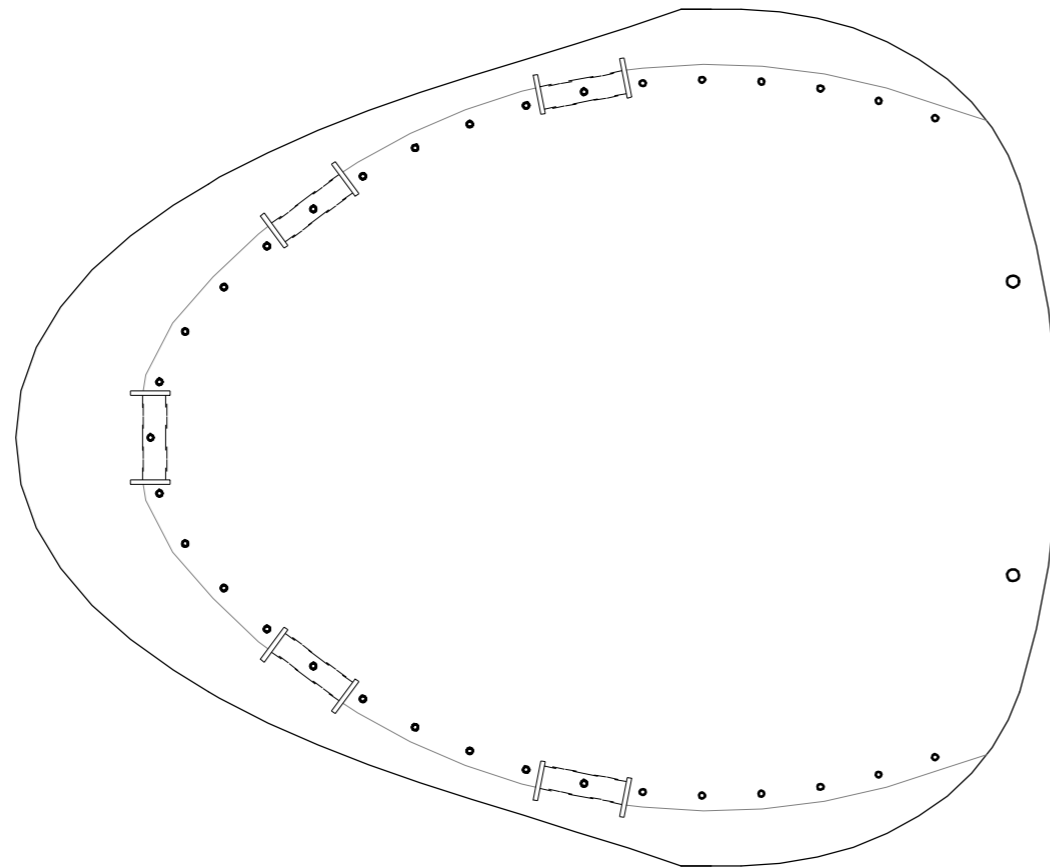


Fig 3.6

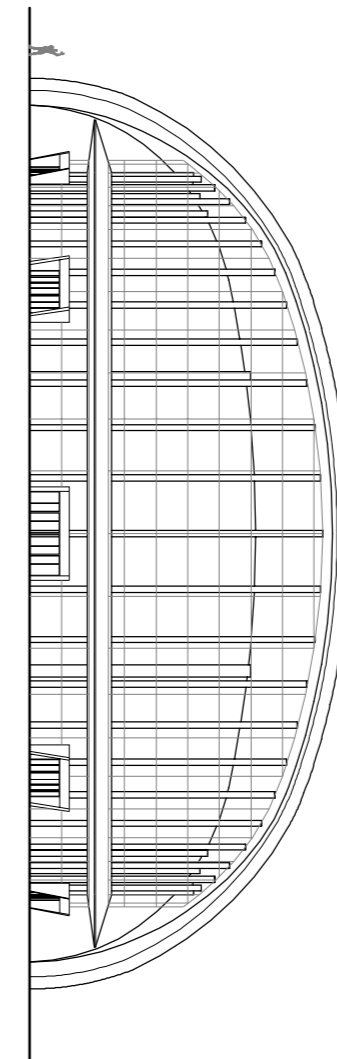
03.3_VISTAS GENERALES



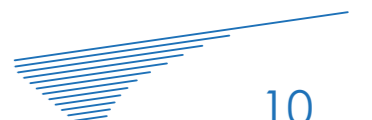
Alzado sur



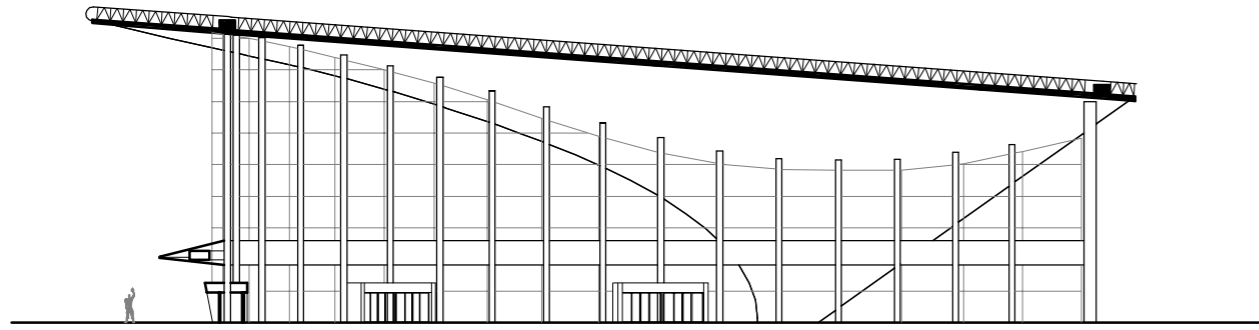
Planta



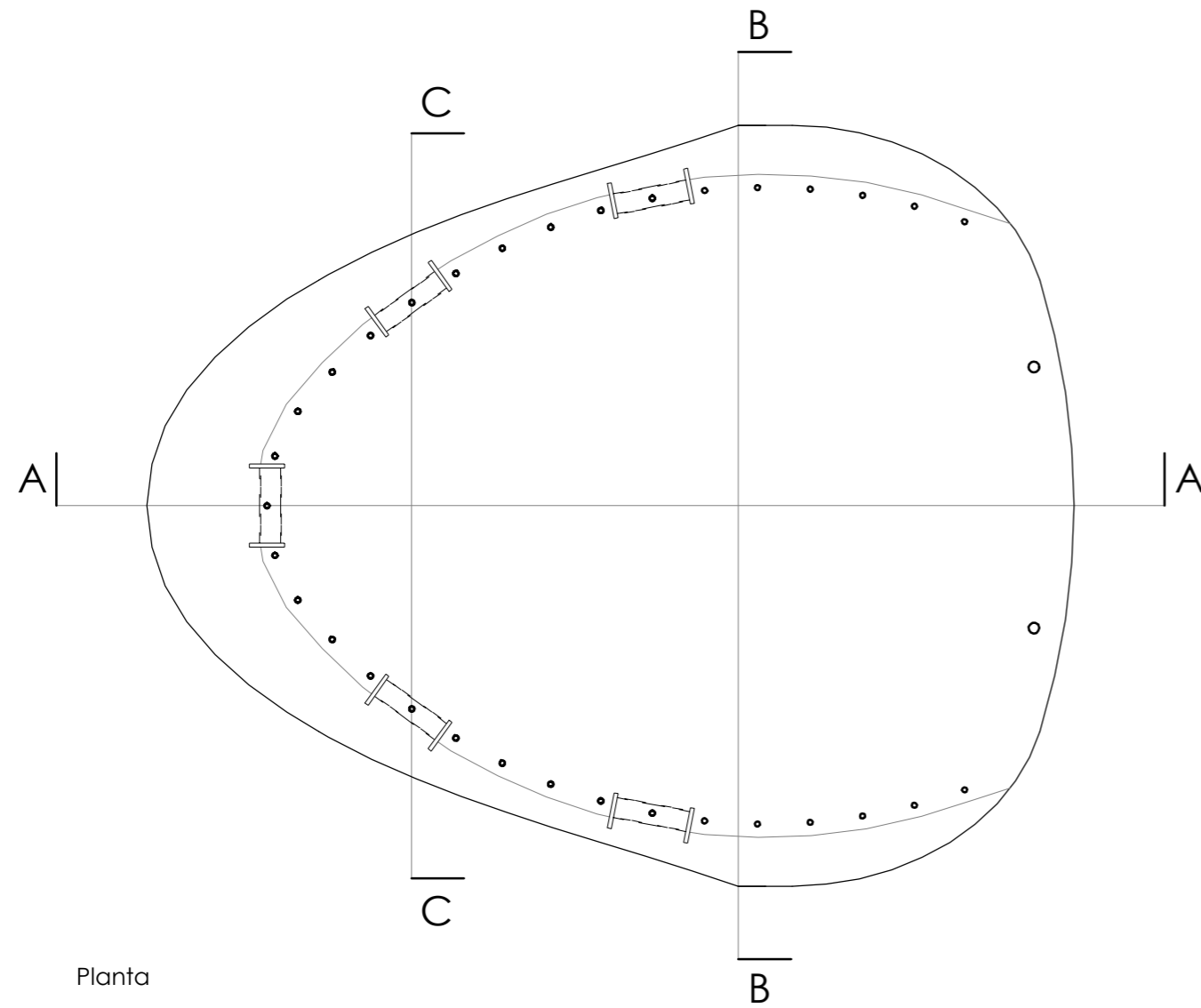
Alzado oeste



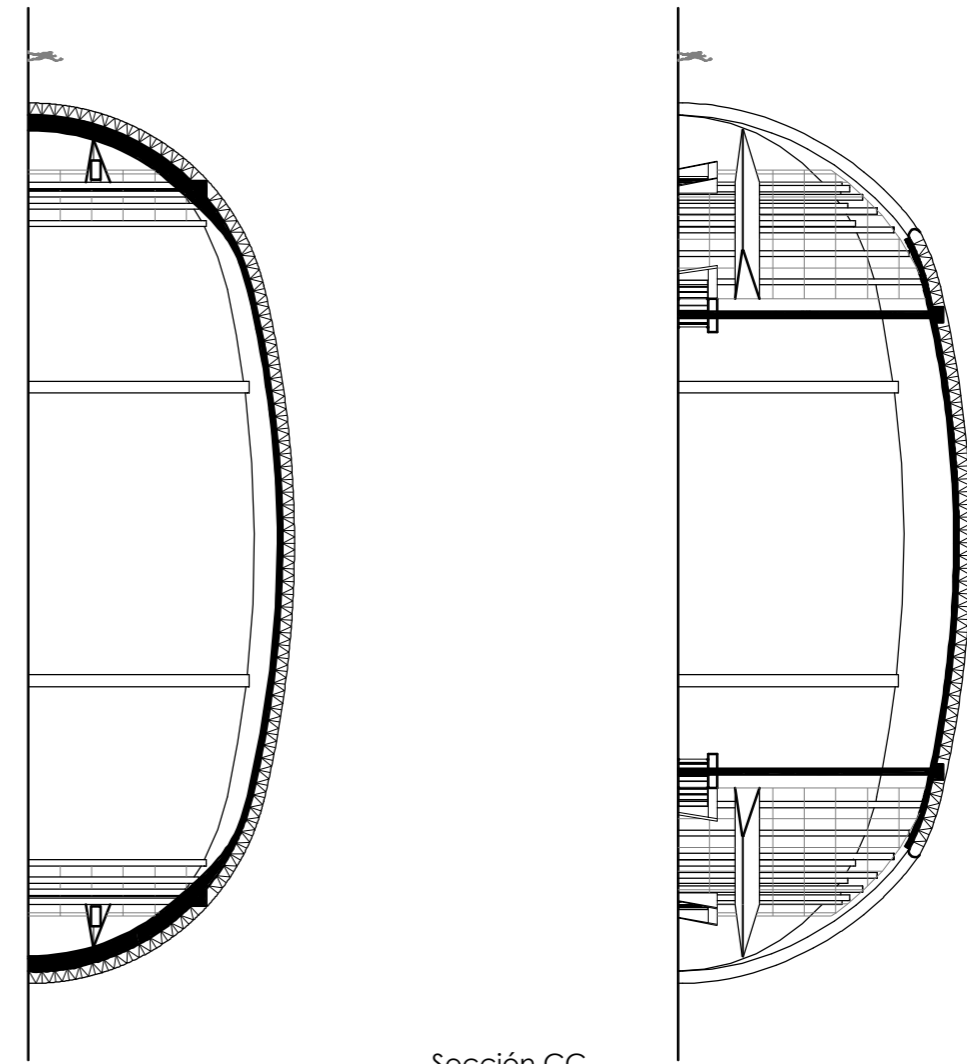
03.4_SECCIONES



Sección AA

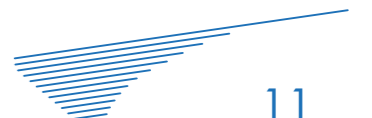


Planta

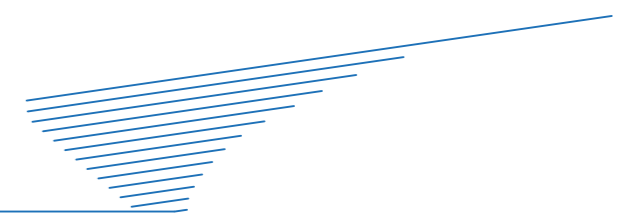


Sección BB

Sección CC



04 ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO



04.1_FRANCISCO BENÍTEZ IGLESIAS



Fig 4.1

Es el arquitecto de la terminal regional del aeropuerto de Manises.

Encabezando la empresa efebearquitectura, tanto él como su equipo ganaron con su proyecto el concurso para la construcción de esta nueva terminal en 2002.

Francisco Benítez estudió en el Liceo francés de Madrid entre 1974 y 1987, donde obtuvo los títulos de EGB y BUP.

Una vez finalizados sus estudios escolares se matriculó en la escuela de arquitectura en la Universidad San Pablo - CEU de Madrid entre 1990 y 1994, y posteriormente en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid entre 1994 y 1998.

Una vez finalizados sus estudios, su carrera profesional comenzó en 1999 como coordinador de instalaciones y arquitectura en el aeropuerto de Barajas en la empresa Técnicas Reunidas, hasta 2001.

Posteriormente, en 2002, comenzó su carrera como gerente de la empresa efebearquitectura (especializada en arquitectura aeroportuaria) hasta la actualidad.

Efebearquitectura, con la denominación social de Francisco Benítez Arquitectura S.L.P., es un joven grupo empresarial fundado en 2002.

Bajo la dirección de Francisco Benítez Iglesias, se ha consolidado como un sólido grupo de arquitectos que aúna la experiencia y el dinamismo caracterizado por sus diversas especializaciones, lo cual les proporciona una gran competitividad, plasmado todo ello por los innovadores proyectos que desarrollan.

Dentro de los diferentes campos de proyección arquitectónica, han desarrollado edificios de gran interés en el mundo de la arquitectura aeroportuaria, industrial, habitacional, urbanismo, restauración de oficinas, así como edificios de tipología arquitectónica de menor escala.

Como nuestro edificio a estudiar es una terminal de un aeropuerto, vamos a centrarnos en los proyectos aeroportuarios, tanto los que se han llegado a construir como los que no, proyectados por Francisco Benítez y su equipo.

PROYECTOS DE AEROPUERTOS CONSTRUIDOS



Fig 4.2 - Terminal de Llegadas del aeropuerto de Reus



Fig 4.3 - Aeropuerto de León



Fig 4.4 - Terminal T2 aeropuerto de Manises



Fig 4.5 - Aeropuerto de Santiago de Compostela



Fig 4.6 - Aeropuerto de Tenerife Norte (ampliación edificio terminal, accesos y aparcamiento)



Fig 4.7 - Aeropuerto de Vigo

OTROS PROYECTOS, ESTUDIOS Y CONCURSOS EN AEROPUERTOS

2.006:

- Proyecto y dirección de obra de la terminal de carga del aeropuerto de Jerez
- Concurso de la nueva terminal del aeropuerto de Murcia

2.007:

- Concurso nuevo edificio aparcamiento público en el aeropuerto de Palma de Mallorca
- Concurso nuevo aparcamiento público en el aeropuerto de Ibiza
- Concurso para la ampliación de la superficie de la terminal del aeropuerto de Lanzarote
- Concurso nuevo aparcamiento de la terminal del aeropuerto de Bilbao
- Proyecto y dirección de obra en la ampliación de la terminal del aeropuerto de Melilla

2.008:

- Proyecto y dirección de obra terminal de llegadas y aparcamiento aeropuerto Barajas
- Remodelación de la instalación eléctrica de la central eléctrica del aeropuerto de León
- Concurso sistema de recogida y tratamiento neumático de residuos en el aeropuerto de Alicante

2.009:

- Estudios previos de la nueva área terminal del aeropuerto de Karthoum (Sudán)
- Concurso del edificio terminal del aeropuerto de Colón (Panamá)
- Concurso de la nueva torre de control del aeropuerto de Zaragoza
- Concurso de oficinas bioclimáticas en el aeropuerto de Lieja
- Concurso del edificio terminal del aeropuerto de Palmerola
- Concurso de la ampliación del edificio terminal del aeropuerto de Valladolid

2.010:

- Concurso de la ampliación de la zona de servicios del aeropuerto de Alguaire (Lleida)

04.2_OBRAS DE REFERENCIA

TERMINAL DE LA TWA DEL AEROPUERTO JFK DE NUEVA YORK



Fig 4.8

TERMINAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CARRASCO



Fig 4.9

AUDITORIO KRESGE



Fig 4.10

El centro de vuelos TWA (Trans World Airlines), ahora la Terminal 5, fue inaugurada en 1.962. Diseñado por Eero Saarinen, fue hecho como un símbolo abstracto de la aviación. Es considerado como el edificio con la arquitectura más distinguida en el mundo y que sea una terminal. TWA ya no usa el edificio principal y ahora no está en uso. El edificio principal quedará como parte de la nueva Terminal 5 construida por JetBlue.

Saarinen se inspira en las bóvedas de crucería gótica para albergar un espacio sin columnas. Pese a que la estructura parece ser una pieza escultórica de hormigón, en su interior está reforzada por una red de acero que soporta la cubierta.

Se trata de una gran columna en forma de Y que se transforma en otras vigas encargadas de sostener las cuatro secciones de la cubierta, a la vez que permiten, a través de su separación, el paso cenital de luz natural.

En su diseño, la forma evolucionó hasta la actual, que consiste en cuatro bóvedas diferenciadas, con una silueta apuntada hacia fuera, formando una especie de estrella de cuatro puntas.

El Aeropuerto Internacional de Carrasco es el principal aeropuerto internacional de Uruguay, que sirve a Montevideo y a su zona metropolitana.

La nueva terminal fue inaugurada en 2.009 y fue diseñada por el arquitecto uruguayo Rafael Viñoly.

Un gran techo de doble curvatura se extiende 360 m sobre toda la longitud del edificio, sobrepasando los extremos y descansando sobre el suelo, llegando a alcanzar casi 40 m de altura en la zona central de la pista. Su estructura realizada con acero está formada por columnas de sección circular y vigas reticuladas, dicha estructura está soportada por un sistema articulado de elementos estructurales que recorren el perímetro del edificio y a su vez sostienen la fachada vidriada.

En lo arquitectónico se buscó generar grandes transparencias y una sensación de amplitud en los espacios públicos. Para lograr este concepto, la parte superior del edificio cuenta con una extensa envolvente vidriada, la cual permite optimizar el uso de la iluminación natural.

El Auditorio Kresge fue construido en Cambridge, Massachusetts (EEUU), diseñado por Eero Saarinen y construido en 1.955.

Está definido por una lámina esférica de hormigón armado de 36,15 m de radio y una altura libre máxima de 16,65 m. La cubierta sólo pesa 1.200 toneladas y está revestida con cobre.

Sentada sobre una plataforma circular de ladrillo, la cúpula esférica se apoya sólo en 3 puntos, vértices de un triángulo equilátero de 52,75 m de lado.

La esfera que genera la cúpula está limitada por el corte de tres planos que pasan por su centro y por los tres puntos de apoyo (cogidos dos a dos), y que, por lo tanto, le generan circunferencias máximas del mismo radio que el de la propia esfera.

Los muros cortina que forman el cerramiento están generados por cilindros de base circular de 71 m de radio, siendo las generatrices de dichos cilindros los montantes verticales.

PALAU DE CONGRESSOS



Fig 4.11

CAPILLA ABIERTA EN LOMAS DE CUERNAVACA



Fig 4.12

AMERICAN AIR MUSEUM



Fig 4.13

El Palacio de Congressos de Valencia es un edificio concebido para la realización de todo tipo de eventos y convenciones tanto de carácter nacional como internacional. En 2010 fue designado como el Mejor Palacio de Congressos del Mundo.

Fue diseñado por el arquitecto Norman Foster e inaugurado en 1998.

Norman Foster, en el diseño de la cubierta, realiza una singular composición de cilindros que da como resultado una forma parecida a la hoja de un árbol.

La geometría de la cubierta se compone por dos cilindros tangentes en la parte superior de la misma. Ambos cilindros están limitados por otros dos cilindros de generatrices perpendiculares a los anteriores, lo que en planta le proporciona la forma de elipse apuntada.

A pesar de sus grandes dimensiones, la forma que se obtiene de su diseño da a la cubierta sensación de ligereza.

La capilla abierta en Lomas de Cuernavaca (México) fue diseñada por el arquitecto Félix Candela (1910 - 1997), famoso por la creación de estructuras basadas en el uso extensivo del paraboloides hiperbólico, tal y como podemos ver en dicha capilla.

Inspirada en las capillas de indios que los franciscanos y agustinos de la región erigieron en el siglo XVI, la arquitectura de esta obra responde a requerimientos tales como proporcionar un lugar fresco para la celebración de la misa y aprovechar el paisaje del alrededor.

La cubierta de la capilla formada por un paraboloides hiperbólico es una audaz concepción de un manto sagrado que en un principio ostentaría una imagen de la Virgen María.

El planteamiento de que fuese un paraboloides hiperbólico el envolvente surgió por la idea de que en el interior no existiesen apoyos verticales o columnas que estorbaran la visibilidad.

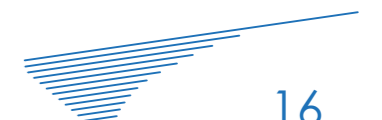
El American Air Museum se encuentra en Cambridge (Inglaterra), fue diseñado por Norman Foster y se construyó en 1997. Surgió con el fin de conmemorar a la Fuerza Aérea de América durante la II Guerra Mundial y a los aviadores que murieron.

En este edificio todo fue pensado para mantener esa memoria aérea en el más alto nivel. Las dimensiones de un avión bombardero fueron las que definieron las dimensiones del gran Museo del Aire.

Norman Foster resuelve el problema del diseño de una cubierta de grandes dimensiones para albergar aviones mediante una porción sincástica de toroide. Ésta porción está limitada por un plano horizontal y otro casi vertical.

El despiece estructural y de acabado lo realiza mediante secciones radiales y perpendiculares al eje de revolución.

Al aprovecharse de la doble curvatura de la superficie, consigue generar un espacio de grandes dimensiones sin apoyos intermedios.



04.3_TERMINALES AEROPORTUARIAS

DEFINICIÓN

Una terminal aeroportuaria es un edificio en un aeropuerto donde los pasajeros pasan del transporte terrestre y las instalaciones que estas contienen para embarcar y desembarcar de los aviones.

Los edificios que dan acceso directo al avión mediante puertas se llaman salas de embarque.

Los aeropuertos pequeños tienen una terminal, mientras que los grandes aeropuertos tienen varias terminales y/o salas de embarque.

En los aeropuertos pequeños, el único edificio terminal sirve tanto de terminal como de sala de embarque.

Algunos aeropuertos grandes tienen una terminal conectada a varias salas de embarque, algunos otros tienen más de una terminal con una o más salas de embarque cada una, y otros tienen varias terminales que funcionan también como salas de embarque.

Algunas terminales están consideradas como piezas maestras arquitectónicas, como son la Terminal 5 del aeropuerto JFK de Nueva York o la Terminal 1 del aeropuerto Charles de Gaulle en París.

DISEÑOS DE UNA TERMINAL AEROPORTUARIA

Muchas de las primeras terminales fueron construidas entre 1.930 y 1.940 y reflejan el estilo arquitectónico popular en ese momento del art decó.

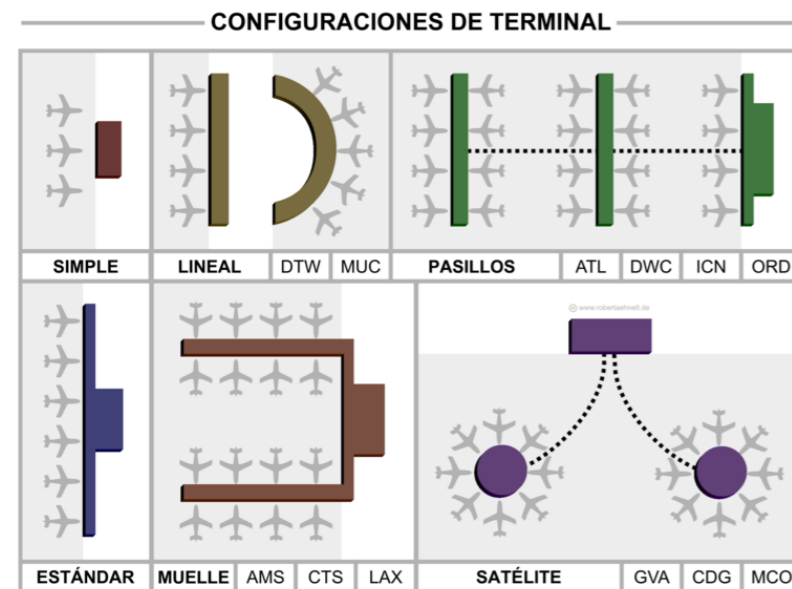


Fig 4.14

MUELLE

Se trata de un edificio largo y estrecho con estacionamiento de aeronaves a ambos lados. Los muelles ofrecen una gran capacidad de aeronaves y un diseño simplista, pero proporcionando a menudo largas distancias desde los mostradores de facturación hasta la puerta.

Muchos de los grandes aeropuertos internacionales tienen muelles, como el aeropuerto de Londres-Heathrow y el aeropuerto internacional de Bangkok.



Fig 4.15 - Aeropuerto Heathrow (Londres)



Fig 4.16 - Aeropuerto internacional Bangkok

TERMINAL SATÉLITE

Es un edificio independiente de otros edificios aeroportuarios, así que los aviones pueden estacionarse en todo el perímetro del edificio. El primer aeropuerto en usar una terminal satélite fue el aeropuerto de Londres-Gatwick.



Fig 4.17 - Aeropuerto Gatwick (Londres)



Fig 4.18 - Aeropuerto de Orlando

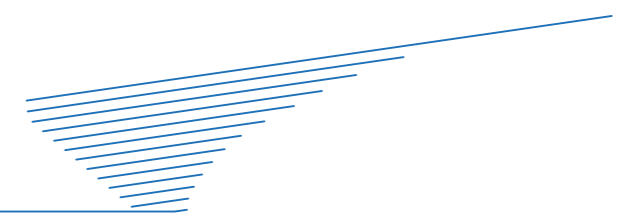


Fig 4.19 - Aeropuerto de Cancún



Fig 4.20 - Aeropuerto Jinnah (Karachi)

05 ANÁLISIS GEOMÉTRICO



05.1_GEOMETRÍA Y ARQUITECTURA

La geometría es el instrumento que guía el proceso de diseño por la razón.

Como dice Ramón Araujo, profesor de la Escuela de Arquitectura de Madrid, en su artículo, en la naturaleza podemos descubrir gran cantidad de regularidades tanto en los cuerpos celestes, la geografía física de la Tierra, en los minerales... incluso en la forma de todo lo vivo.

Se puede observar la presencia de sistemas de proporciones en organismos vivos, donde se manifiesta la repetición de la misma forma con tamaños diversos, lo que implica proporción geométrica.

¿Por qué Dios geometriza? Porque las formas del universo son la manifestación de las acciones físicas. Tanto las formas inertes como los organismos vivos se comportan de acuerdo a las leyes que producen regularidad. La geometría es la manifestación plástica de una ley de deformación.

Desde la antigüedad, la geometría se ha consolidado como el más poderoso instrumento para concebir y planear arquitectura, hasta la actualidad, en que la arquitectura adquiere una libertad formal.



Fig 5.1 - Geometría que provoca la caída de una gota de agua

Las nuevas tecnologías han sido la principal fuente de impulso de la arquitectura en los últimos años. Se trata de una arquitectura que revisa las ideas modernas a partir de las nuevas exigencias programáticas, preocupaciones medioambientales y el nuevo panorama tecnológico.



Fig 5.2 - Calzada de los gigantes

Mucha arquitectura contemporánea nos recuerda a formas orgánicas, el espacio parece doblarse de formas nuevas y los edificios adaptan soluciones constructivas para mantener ese diseño que le ha dado el arquitecto. La geometría de la naturaleza es la que siempre nos deslumbrará y el problema es conocer y desvelar sus leyes para trabajar como ellas.

La geometría ha sido siempre un instrumento importante para los arquitectos y lo seguirá siendo en la arquitectura futura, en la que se buscarán soluciones a nuevas formas.

CILINDRO

Un cilindro es una superficie formada por una recta generatriz que gira alrededor de un eje siguiendo una directriz (en nuestro caso un óvalo).

La clasificación del cilindro utilizado en nuestro edificio es recto, de no revolución y de base en forma de óvalo.

A parte del cilindro anterior, para la generación de la superficie utilizamos otro de diferente forma, que es uno que tiene como base una curva no regular. Estudiando su forma se asemeja mucho a una cuarta parte de un cilindro de base elíptica, pero descartamos que sea así tras estudiar su trazado.

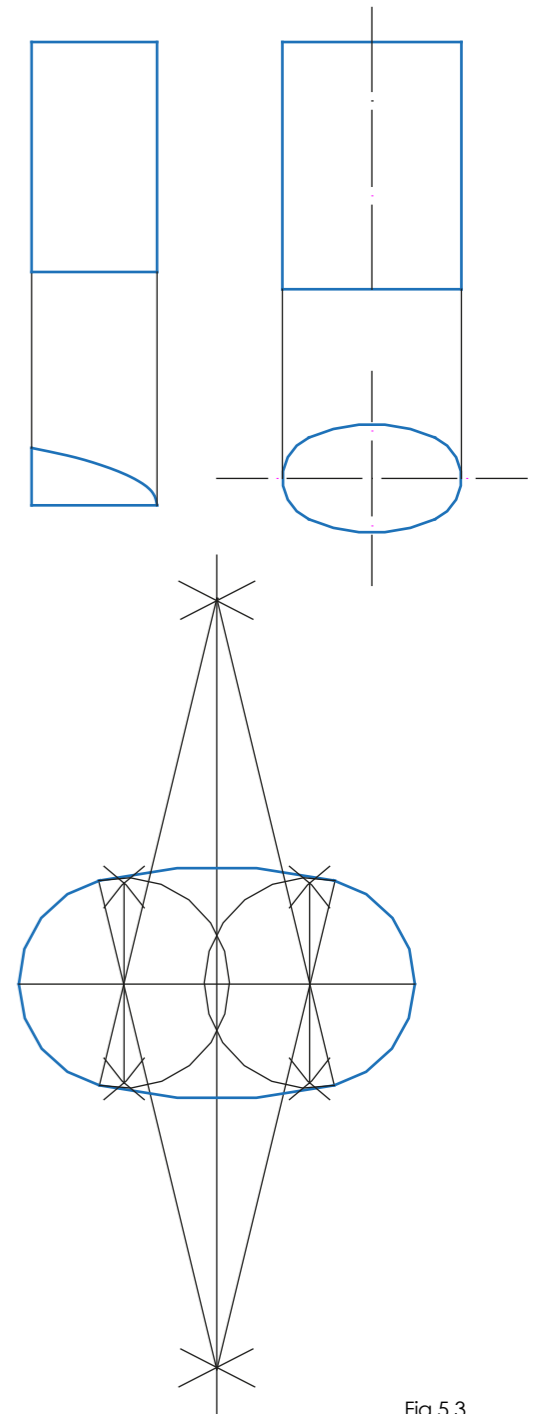
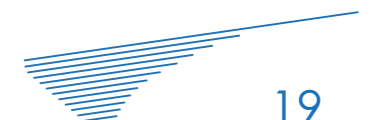


Fig 5.3

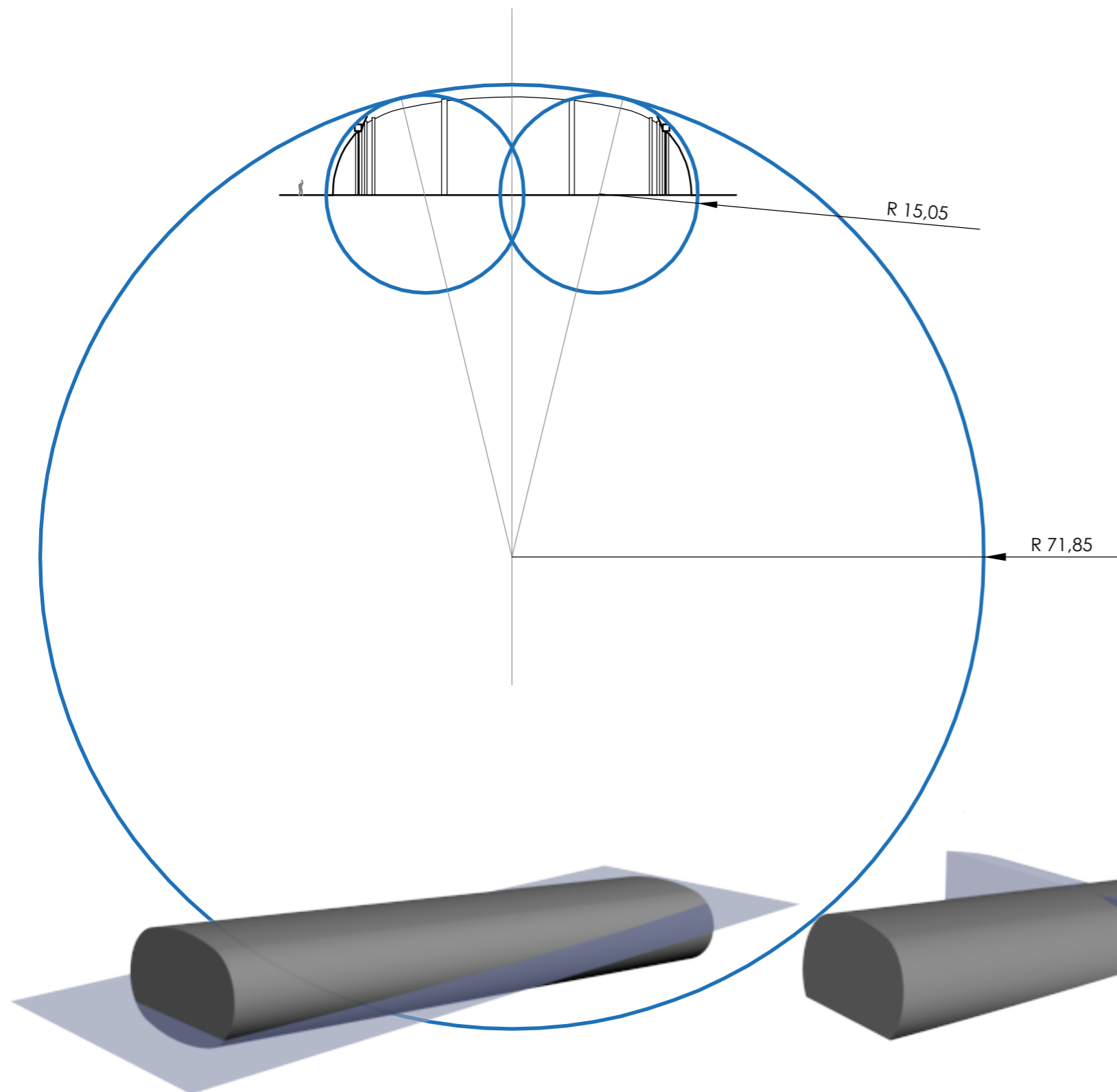
ÓVALO

El óvalo es una curva plana y cerrada, simétrica respecto a sus dos ejes perpendiculares y formada por cuatro arcos de circunferencia iguales dos a dos.

Dicha superficie es de más fácil obtención que una elipse, por lo que puede que haya sido un punto a favor del arquitecto a la hora de elegir esta superficie como directriz del cilindro.



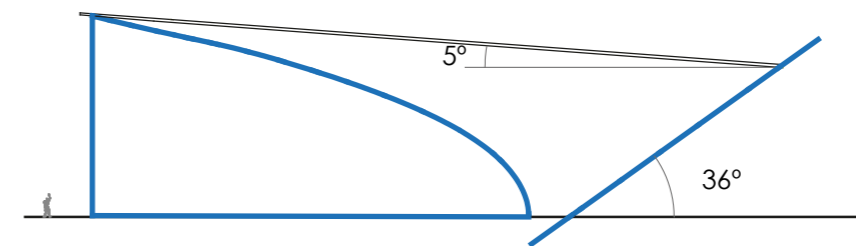
05.2_GENERACIÓN DE LA SUPERFICIE



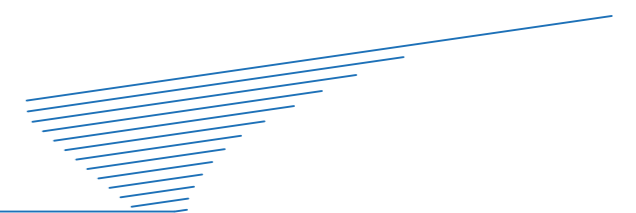
Como podemos ver, la superficie que genera el arquitecto, como base para realizar el cilindro, es un óvalo.
Con esto sabemos que las 4 curvas que forman el óvalo son las directrices del cilindro y las generatrices son las rectas que generan la superficie del óvalo que se forma posteriormente tras su traslación.
Para la superficie de nuestro edificio sólo se usa la mitad superior del óvalo.

PROCESO GEOMÉTRICO

El edificio se puede definir como una cubierta laminar de hormigón, en la cual predomina la dimensión longitudinal frente a la transversal.
Dicha superficie es el resultado de un cilindro de directriz óvalo con una inclinación ascendente de 5° hacia el lado aire, cortado por otro cilindro de superficie curva no regular en su fachada lado aire y por un plano inclinado 36° respecto a la horizontal en su unión con el Volumen Terminal.



06 ANÁLISIS ESTRUCTURAL



06.1_FORMA DE TRABAJO DE LA CUBIERTA

En este apartado vamos a estudiar cómo se comporta la cubierta de la terminal, ya que al poseer una geometría compleja no sabemos a simple vista cuáles son los esfuerzos que va a soportar y cómo tiene que responder ante ellos.

Se entiende por estructuras laminares aquellas en las que el espesor es muy pequeño en comparación con las otras dos dimensiones.

Las estructuras en forma de cáscara son aquellas estructuras laminares que son capaces de trabajar, en condiciones normales de carga, con esfuerzos de membrana solamente, es decir, sin que se produzcan esfuerzos de flexión en la lámina.

Esta forma de trabajo de la membrana es la misma forma de trabajo que tienen los arcos catenarios.



Fig 6.1 - Restaurante Oceanogràfic



Fig 6.2

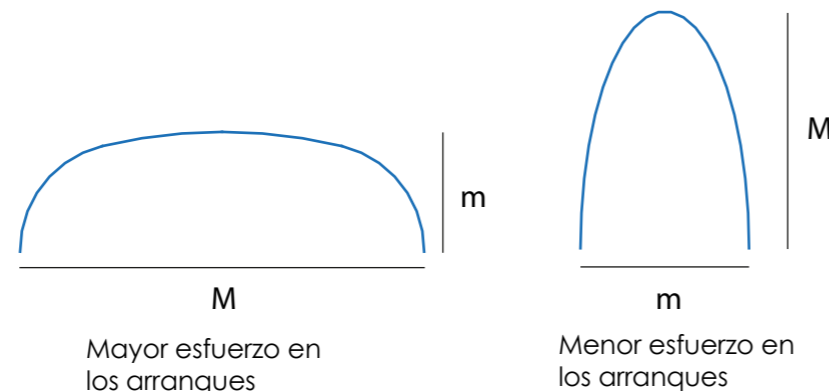
Se conoce como arco catenario al arco que reproduce exactamente la forma de una curva catenaria invertida. Es la forma ideal para el arco que se soporta a sí mismo.

En este tipo de arcos, cuanto más altura, más pequeños son los esfuerzos en los arranques, por lo que se pueden obtener grandes alturas con mínimos empujes laterales.

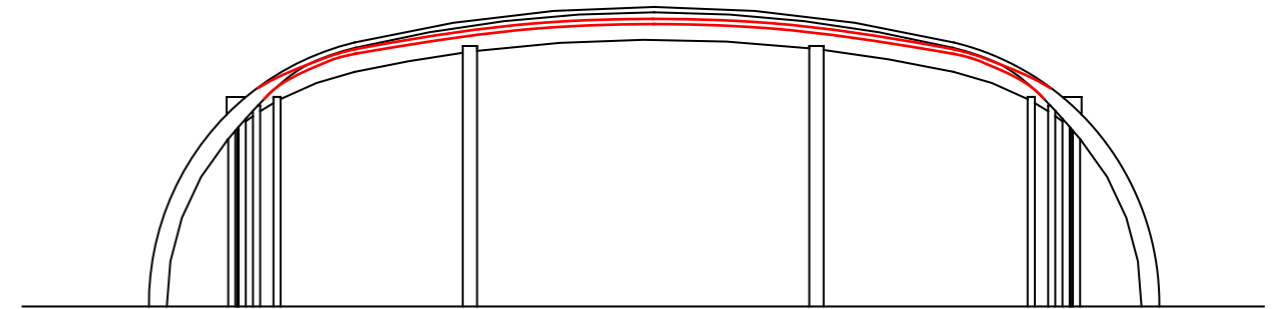
La catenaria tiene la característica de ser el lugar geométrico donde las tensiones del cable se compensan y por ello carece de tensiones laterales, lo cual favorece su aplicación en la arquitectura, ya que estos arcos no necesitan apoyos laterales para sustentarse.



Fig 6.3 - Arco San Luis



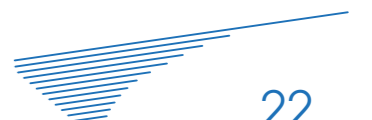
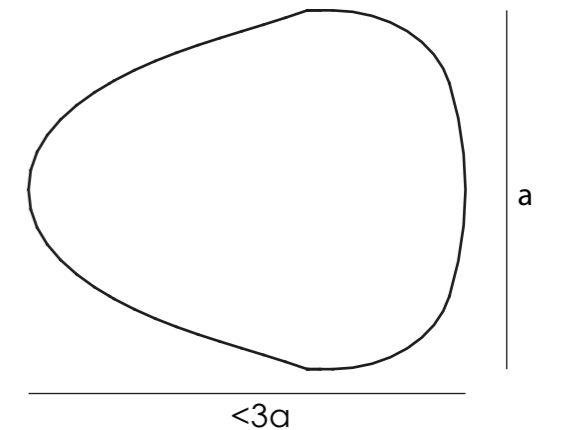
Analizando ahora nuestra cubierta, en nuestro caso sí aparecen flexiones en la cáscara. Si algo distingue las cáscaras de las losas es su espesor. En las cáscaras, su espesor y su forma de trabajo no provoca flexiones, por otra parte, cuando el espesor es más grande, como en las losas, sí que hay tensiones de flexión. Observando nuestra cubierta, nos damos cuenta que su comportamiento está lejos de la forma de trabajo de una cáscara. Las tensiones de flexión importantes que aparecen en el centro del techo muestran su comportamiento como una losa, por ello es necesario una alta rigidez a flexión (espesor de 30 cm) y su correspondiente refuerzo (anillo de postesado) para transmitir las cargas a los soportes. Pese a ser una estructura cilíndrica, cuya característica es su comportamiento como una membrana, aparecen esfuerzos de flexión en ella; esto es debido a su geometría.



Deformación de la cubierta por los esfuerzos de flexión que recibe

Cuando la longitud de una cáscara cilíndrica es 3 o más veces su sección transversal, entonces se comporta como un haz de gran profundidad de tramo curvo que se extiende en toda su longitud. La mejora de la rigidez transversal en los extremos del cilindro, como si fueran tímpanos, mejora el comportamiento estructural, y hace que toda la superficie trabaje sólo a compresión y pudiendo reducir el espesor de la misma.

En nuestro caso la relación entre los vanos longitudinales y transversales es menor de 2.

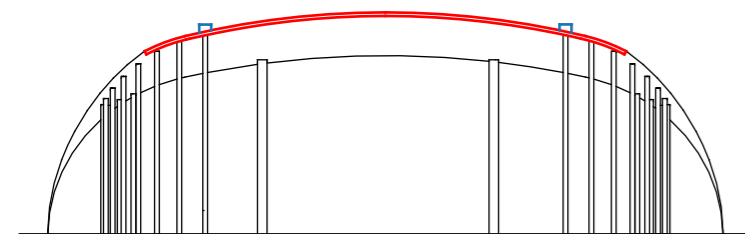
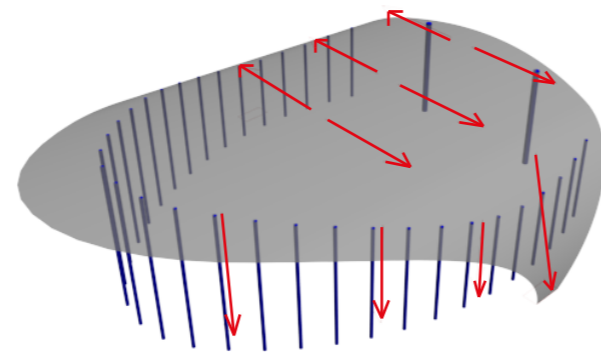


Otra razón por la que aparecen esfuerzos de flexión en nuestra cubierta es debido a las intersecciones del cilindro en su diseño geométrico, ya que tanto el plano inclinado como el cilindro irregular que corta el cilindro detiene la transmisión natural de los esfuerzos del centro a los soportes.

Dado que la losa de hormigón no es resistente por sí misma, necesita apoyarse en los pilares metálicos (ya que como se puede ver en la figura, la transmisión de las cargas hacia el terreno hace necesaria la colocación de pilares para salvar todo el vuelo). Para dar continuidad a la cubierta con la del edificio Procesador, se construyen dos pilares de hormigón que absorben los esfuerzos de la losa en esta parte trasera.

Al ser la losa relativamente corta, el efecto arco tiene prioridad. Para resistir las fuerzas horizontales del arco es necesario contar con elementos rígidos en las áreas de soportes.

En la zona de encuentro entre la cubierta y la cimentación de los dos apoyos laterales, se materializa con hormigón y su sección es el óvalo que forma el cilindro. Cuando nos alejamos de la zona central tenemos una serie de vanos que se materializan por secciones de dinteles ligeramente curvados y soportes de acero. La serie de un vano tras otro, con la cubierta con su anillo perimetral como elemento común, permite la transmisión bidireccional de las tensiones y colabora en el comportamiento unidireccional de los vanos.



Como los arriostramientos entre vanos consecutivos de las estructuras metálicas a base de cerchas, que mejoran la transmisión de las cargas en dos direcciones y dan estabilidad a la estructura, el anillo perimetral postesado que ata las cabezas de los pilares tiene la misma función en la estructura de la terminal que los arriostramientos de este tipo de estructuras metálicas.

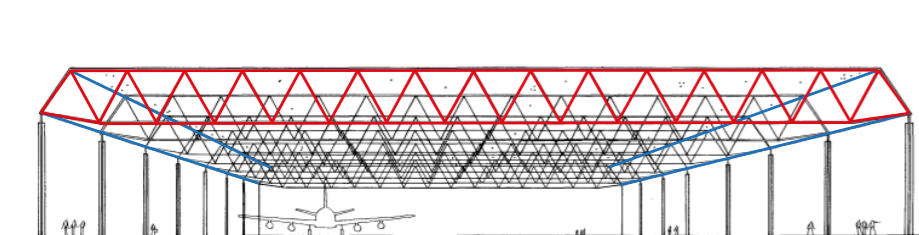


Fig 6.4

Arriostramientos entre cerchas y viga perimetral postesada
Cerchas y vanos de la terminal

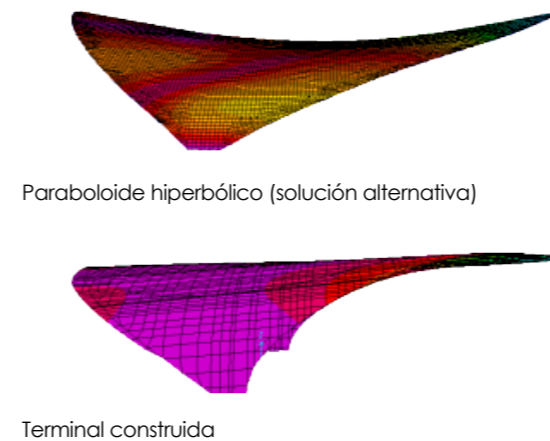
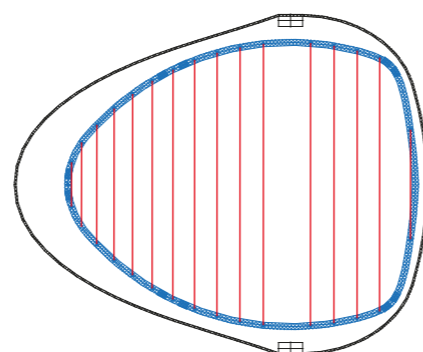
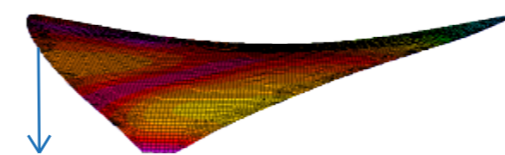


Fig 6.5

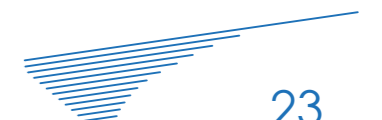


Hemos visto que nuestra cubierta no se comporta como una cáscara, para que se comporte como tal podemos ver una propuesta alternativa a la original, la cual es un paraboloides hiperbólico. Su doble curvatura permite que las fuerzas internas estén en equilibrio, esto permite que no sea necesaria la construcción de pilares en la zona volada más larga para transmitir las cargas ni el anillo perimetral, ya que la estructura se sustentaría por sí sola, sin la ayuda de otros elementos.

Como se ha dicho anteriormente, los pilares metálicos en el vuelo más largo no serían necesarios, pero sí que se mantendrían los dos pilares de hormigón armado en la parte trasera de la terminal para que no vuelque la losa en la dirección de ese gran vuelo, por lo tanto estos dos pilares trabajarían a tracción soportando la fuerza de vuelco que provocaría esa zona volada, tal y como se indica en la flecha en la figura adjunta a la izquierda.

Una ventaja, en el caso de haberse construido la terminal con esta geometría, es que, ya que no se tendría que haber construido el anillo de postesado, al no sobresalir este por la parte superior y ser una superficie lisa, no habría sido necesario colocar la cubierta Kal-zip y se podría haber dejado la losa vista.

El comportamiento global de la cubierta es finalmente más similar al comportamiento de una losa con una pequeña curvatura que al de una cáscara. Por lo tanto, gracias a la ligera curvatura de la losa, suficiente para, debido al efecto arco, desarrollar una mayor área a compresión, disminuyendo las tensiones de flexión y transmitir las cargas a los soportes, y el efecto de las fuerzas del anillo perimetral postesado como elemento de refuerzo de los arcos, se ha podido materializar la losa con un espesor de 30 cm salvando luces de hasta 50 m.



06.2_ACCIONES EN LA CUBIERTA

Antes de poder estudiar los esfuerzos a los que está sometida la cubierta y cómo trabaja en las hipótesis que analizaremos en la siguiente página, vamos a explicar cuáles son las acciones y las fuerzas que actúan sobre nuestro edificio.

Las acciones a las que está sujeta la cubierta de la terminal pueden ser permanentes o variables, a continuación vamos a explicar cuáles son las que están presentes en nuestro estudio.

ACCIONES PERMANENTES

PESO PROPIO

El peso propio a tener en cuenta en este edificio es el de la propia masa de hormigón que forma la cubierta, los pilares tanto de acero como de hormigón, el muro cortina y el pavimento.

PRETENSADO

En nuestro caso esta acción no aparece ya que no hay armaduras pretensadas, incluso el anillo perimetral que ata todos los pilares es postesado.

ACCIONES DEL TERRENO

Son las acciones derivadas del empuje del terreno, tanto las procedentes de su peso como de otras acciones que actúan sobre él, o las acciones debidas a sus desplazamientos y deformaciones.

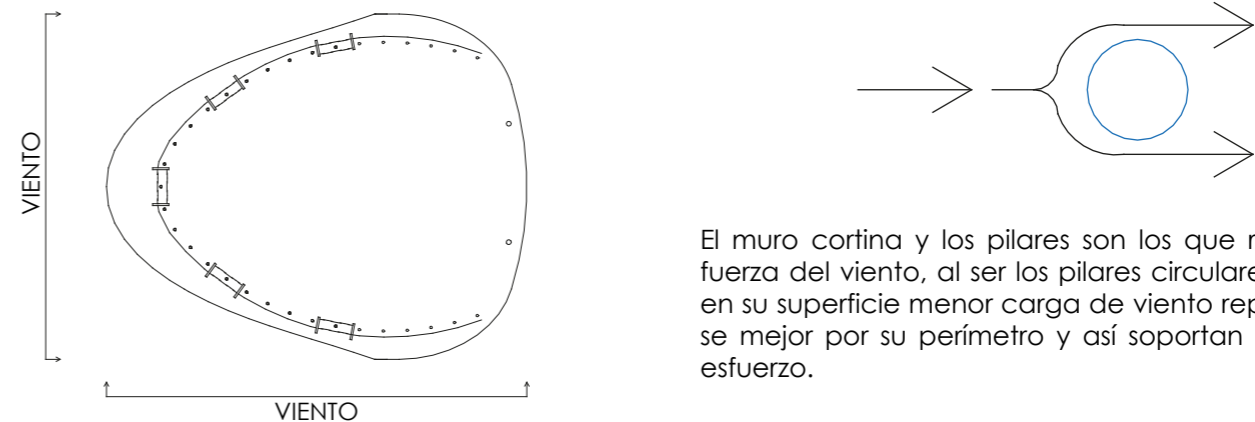
ACCIONES VARIABLES

VIENTO

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, la intensidad y las rachas del viento.

Nuestro edificio está emplazado en un lugar en el que no hay edificaciones y está expuesto continuamente a la fuerza del viento por todos los lados excepto en su unión con la terminal contigua a esta.

En las hipótesis de esfuerzos de la siguiente página hemos tenido en cuenta la acción del viento sólo en una dirección en cada una de las hipótesis para que esta fuerza no quede compensada con la misma fuerza desde la dirección opuesta.



El muro cortina y los pilares son los que reciben la fuerza del viento, al ser los pilares circulares reciben en su superficie menor carga de viento repartiéndose mejor por su perímetro y así soportan un menor esfuerzo.

En cuanto al efecto de succión del viento, en el interior de la terminal se considera despreciable, ya que el aire puede entrar a la terminal por las 5 puertas de salida a las pistas, estando estas puertas formadas por una puerta exterior e interior automáticas, y comparando el área de estas puertas con el área total de la terminal se considera la succión del interior despreciable. Donde si que es importante es en los vuelos de la cubierta, ya que es una zona expuesta continuamente a la acción del viento y puede provocar el levantamiento de la losa. También es importante la succión por el aire que se genere por encima de la cubierta que pueda levantarla.

En el análisis de esfuerzos de la página siguiente se ha tenido en cuenta que la acción de succión en los voladizos es mayor que la succión que se pueda producir por el aire que va por encima de la losa.

ACCIONES TÉRMICAS

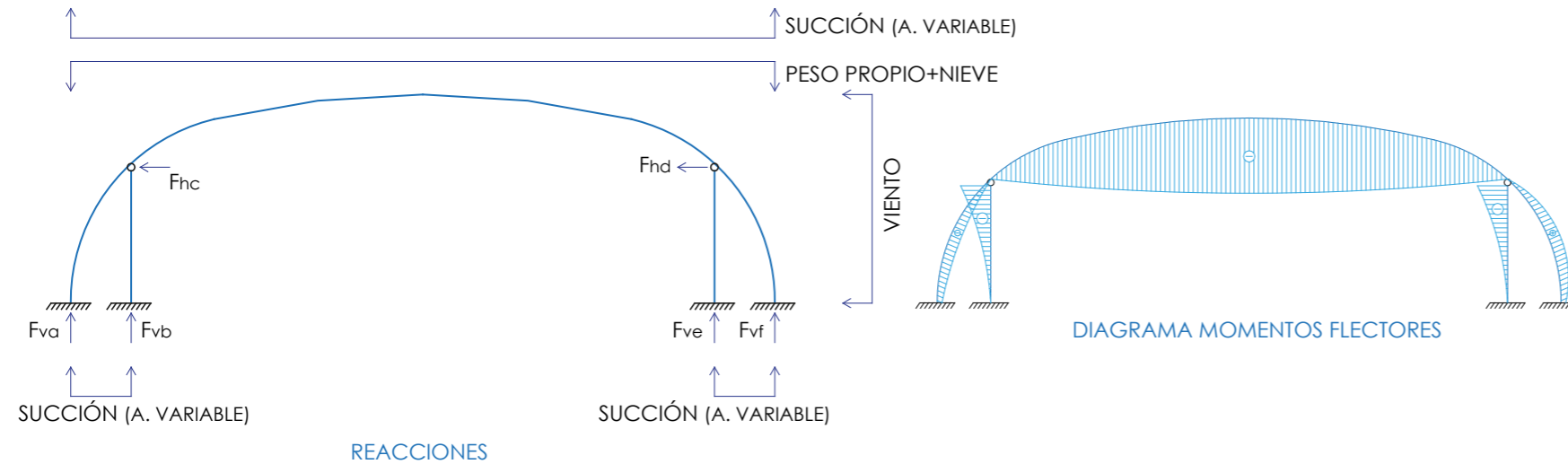
Son las deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de temperatura ambiente exterior. Estas deformaciones afectan a todos los elementos, en particular a los estructurales. La ejecución de juntas de dilatación contribuyen a disminuir los efectos de las variaciones de temperatura. Para las hipótesis de cálculo no tendremos en cuenta estas acciones.

NIEVE

En este apartado se tiene en cuenta la distribución y la carga de nieve sobre el edificio. Nuestro edificio ha sido calculado para una hipotética carga de nieve en la cubierta pese a que en la zona donde está emplazado no es habitual que nieve.

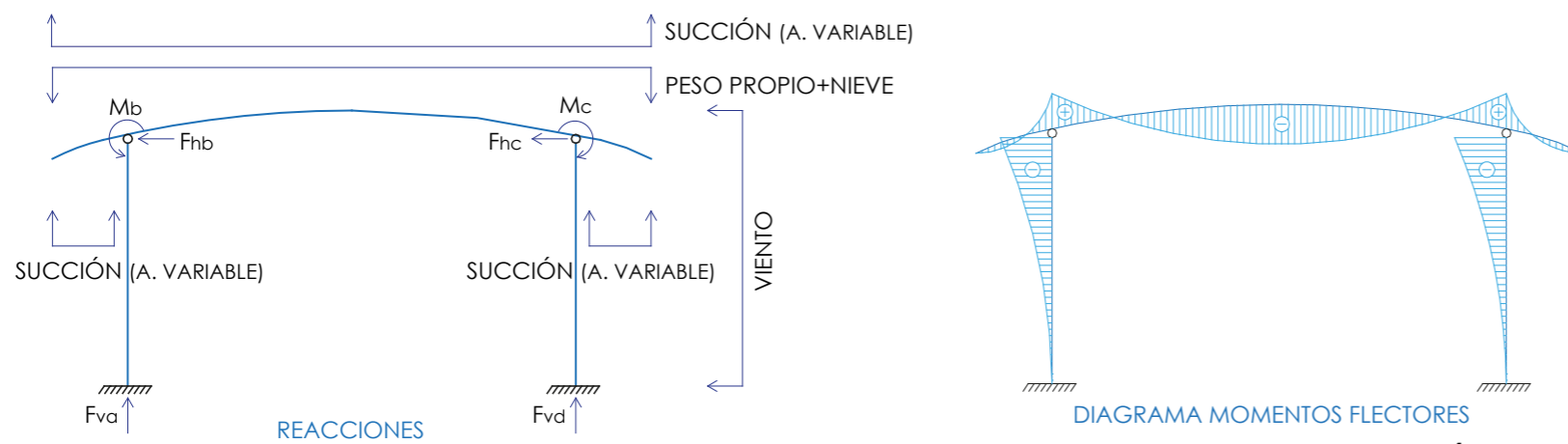
06.3 ANÁLISIS DE ESFUERZOS

PÓRTICO 1



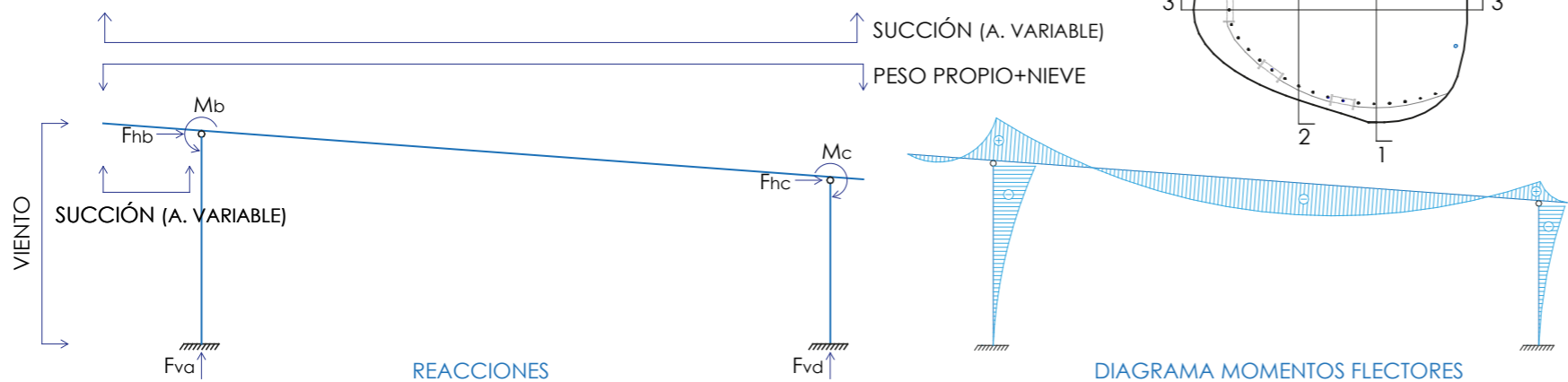
La fuerza del viento provoca los esfuerzos horizontales F_{hc} y F_{hd} en las cabezas de los pilares, que son articulados en su unión con la cubierta. En este pórtico la succión del viento la podemos considerar que tiene una menor repercusión en los vuelos, ya que la zona en voladizo es pequeña, la succión que se puede producir sobre la cubierta se considera menor que los esfuerzos que provocan el peso propio de la losa. El peso propio de la cubierta sumado al de la nieve, aunque poco probable, provoca los axiles F_{vb} y F_{ve} en el arranque de los pilares, y los axiles F_{va} y F_{vf} en la unión de la cubierta con el terreno. En el diagrama de momentos flectores podemos observar que se crean momentos negativos en el centro de la cubierta por los pesos ya mencionados y momentos positivos por un lado y negativos por el otro, provocados por la acción del viento y por el peso respectivamente. En el punto de apoyo de la losa con el terreno el momento no es 0, ya que, al contrario que los pilares que están articulados, la losa no está articulada, por lo que hay un momento en ese punto. En los pilares se producen momentos negativos por la acción del viento.

PÓRTICO 2



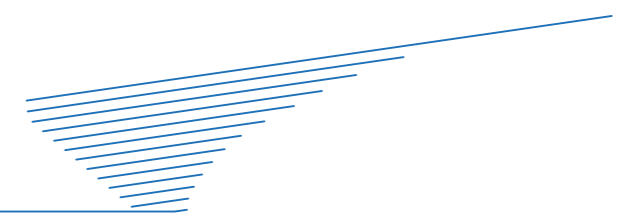
En este pórtico la succión del viento la tenemos presente en los dos voladizos que se forman en la cubierta en mayor cantidad que la succión que se produce sobre la superficie de la losa. La fuerza lateral del viento provoca los esfuerzos horizontales F_{hb} y F_{hc} en la unión de los pilares con la cubierta. La transmisión de las cargas verticales del peso propio y la nieve provocan los esfuerzos axiles F_{va} y F_{vd} en el arranque de los pilares y los momentos M_b y M_c en la unión de los pilares con la cubierta, que pese a ser una articulación (hay un elastómero sobre los pilares), hay momentos por el peso en los voladizos. Observando el diagrama de momentos vemos que las cargas verticales crean un momento negativo en el centro de la cubierta y positivo sobre los pilares, la succión del viento puede crear un momento negativo en los bordes de los voladizos. La acción del viento provoca momentos negativos en los pilares.

PÓRTICO 3



En este último pórtico estudiamos los esfuerzos en la sección transversal de la cubierta. El peso propio y la nieve provocan los esfuerzos axiles F_{va} y F_{vd} en el arranque de los pilares y los momentos M_b y M_c en la cubierta en su unión con los pilares. La fuerza lateral del viento crea los esfuerzos horizontales F_{hb} y F_{hc} en las cabezas de los pilares. Tras realizar el diagrama de momentos se observa que las cargas verticales provocan un momento negativo en el centro de la cubierta y momento positivo sobre los pilares; la succión generada en el voladizo (de mayor fuerza que la succión que se puede generar sobre la losa) crea un momento negativo en el borde del voladizo. La fuerza del viento crea momentos negativos en los pilares.

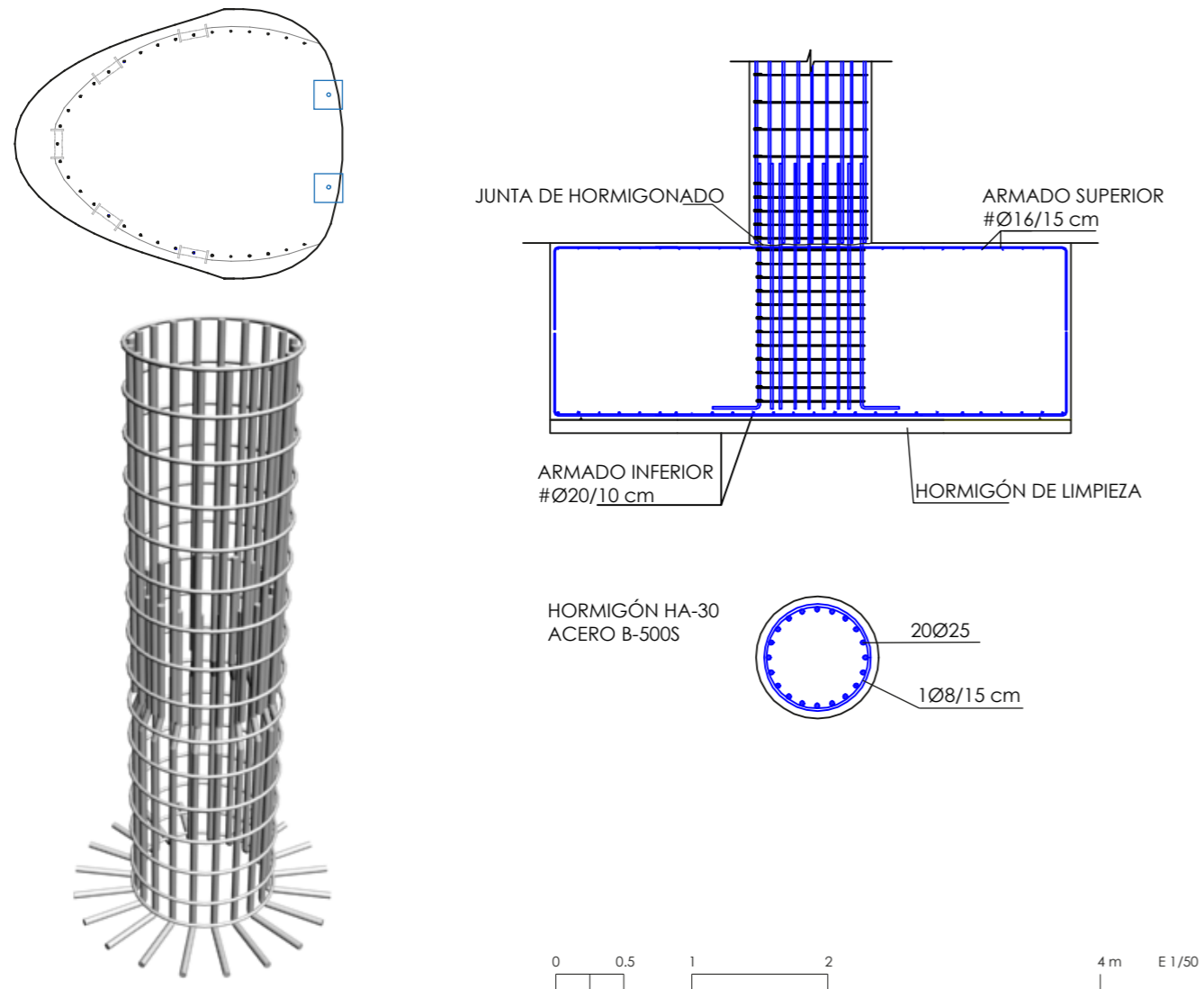
07 ANÁLISIS CONSTRUCTIVO



07.1_DETALLES CONSTRUCTIVOS

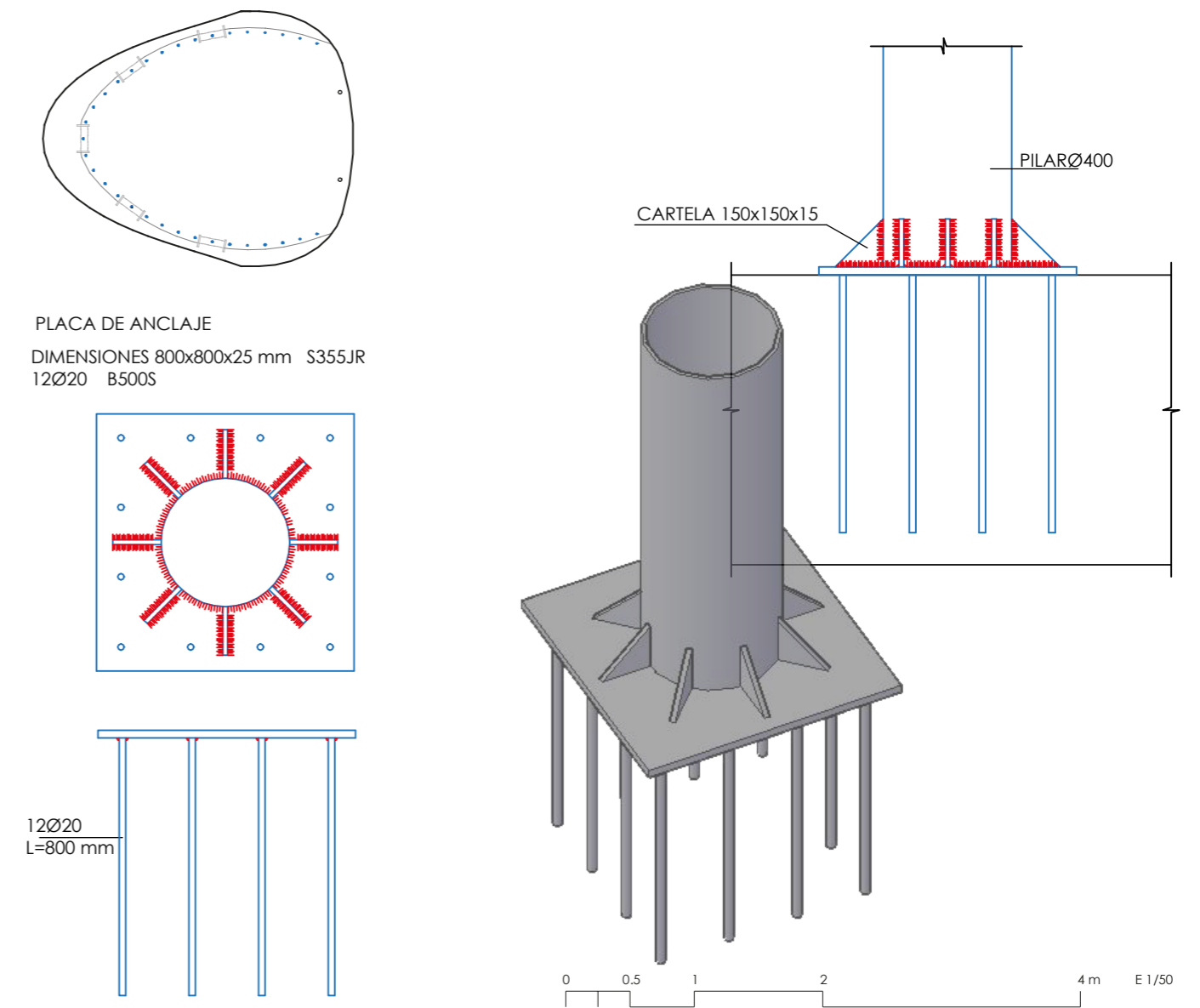
ARRANQUE PILARES DE HORMIGÓN ARMADO SOBRE ZAPATA AISLADA

Los pilares de hormigón se apoyan sobre una zapata aislada de dimensiones 6,20x6,20x1,50 m. Dentro de la zapata se encuentran las armaduras del enano del pilar para enlazar con el pilar. Los pilares de hormigón armado tienen un diámetro de 90 cm. Los únicos pilares que son de hormigón armado son los dos que están señalados con un cuadrado en el esquema adjunto en planta.



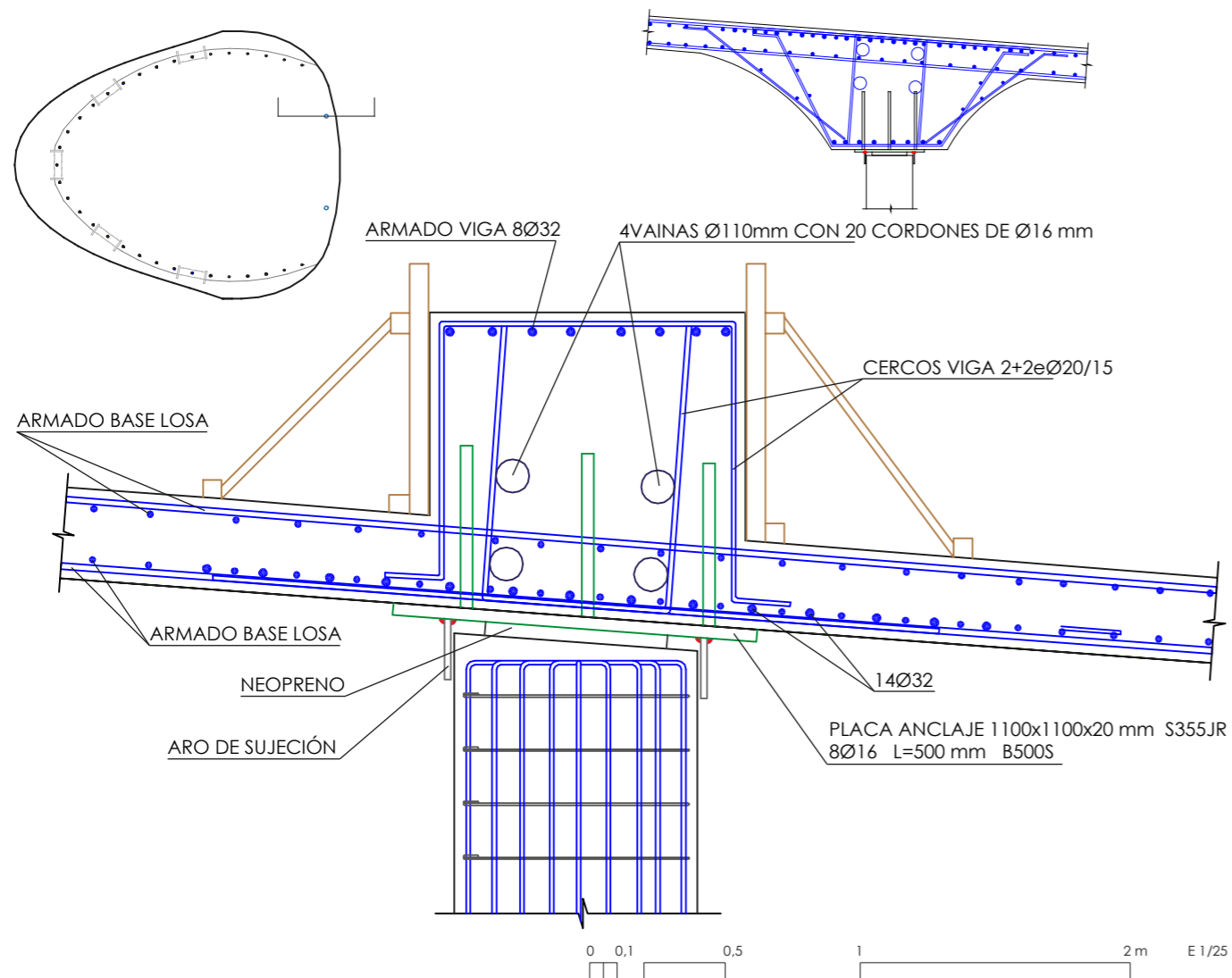
ARRANQUE PILARES METÁLICOS

Los pilares metálicos se apoyan sobre una losa corrida que une el arranque de todos los pilares. Cada pilar está soldado a una placa de anclaje con pernos que se introducen en el interior de la losa. Los pilares metálicos son los que están de color azul en el esquema en planta.



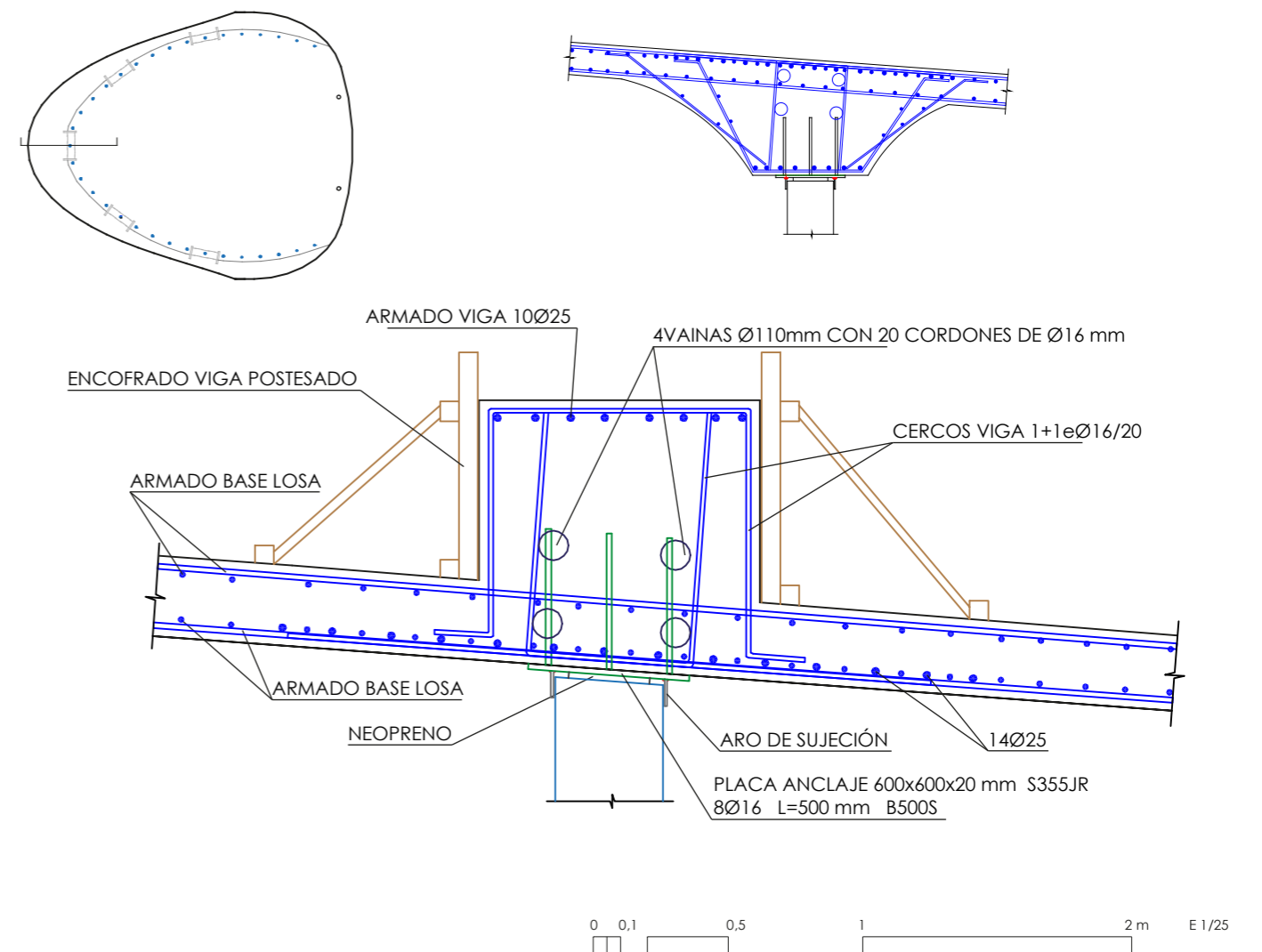
UNIÓN PILAR HORMIGÓN ARMADO CON LOSA LAMINAR

La unión de los pilares de hormigón con la losa laminar se materializa tal y como aparece en el detalle, en el cual para no tener que colocar un encofrado de dimensiones tan complejas, se decidió en obra que sobresaliera por la parte superior el armado de la viga del anillo de postesado (la forma de unión diseñada inicialmente fue la que se puede ver en el detalle en pequeño). Dentro de esta viga se encuentran las vainas que contienen los cordones de postesado. El pilar de hormigón se une a la losa mediante una placa de anclaje y neopreno para permitir el movimiento de la losa sobre el pilar.



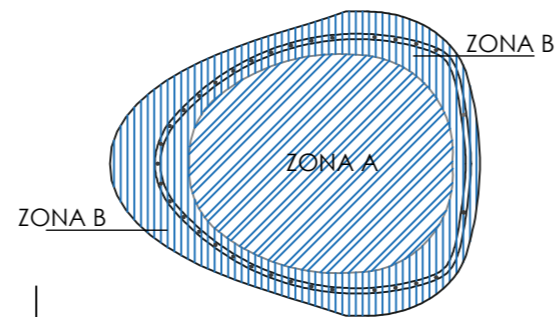
UNIÓN PILAR METÁLICO CON LOSA LAMINAR

La unión de los pilares metálicos con la losa laminar de hormigón es muy similar a la de los pilares de hormigón. Se diferencian en que la placa de anclaje en los pilares metálicos es más pequeña, ya que el diámetro de estos pilares es inferior, y las armaduras de la viga y de los cercos son de un diámetro inferior. Por el mismo motivo que en los pilares de hormigón armado, la viga del anillo perimetral sobresale por la parte superior de la losa (también se puede observar en el detalle pequeño cómo era el diseño inicial de la unión del pilar con la losa, que posteriormente fue modificado al detalle que aparece en grande).

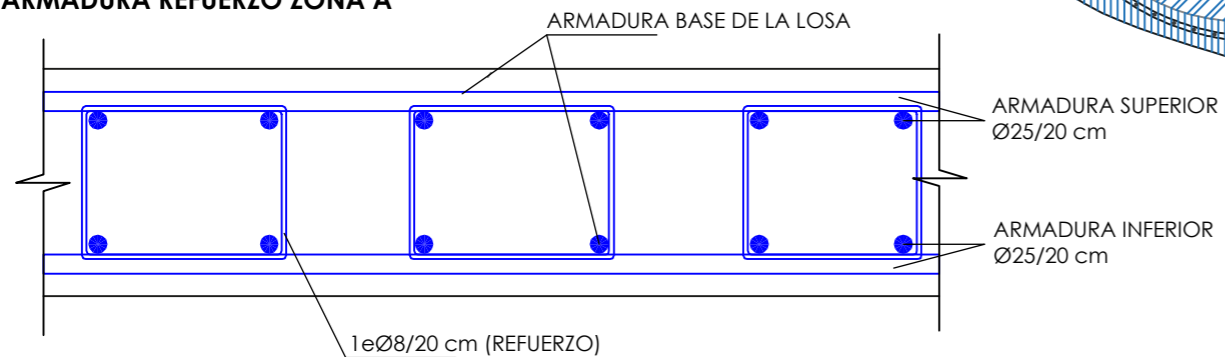


ARMADO DE LA LOSA

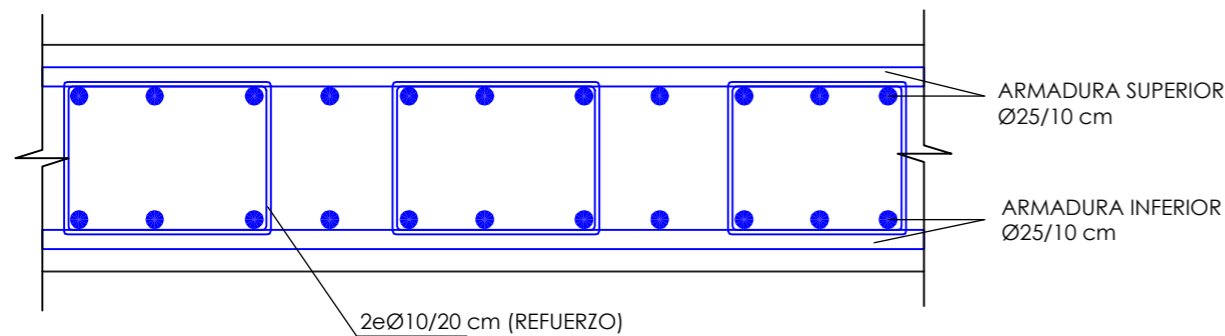
En la losa que forma la cubierta se utilizó un hormigón HA-80/B/20/IIa, de gran resistencia. En cuanto al armado, se diferenciaron dos zonas, zona A y zona B, y se colocó un armado distinto como se puede ver en los detalles. El acero utilizado para todas las armaduras de la losa fue B500S. El espesor de la losa en la zona A es de 30 cm y en la zona B varía entre 20 y 30 cm. Tanto en la zona A como en la zona B se colocan unas armaduras de refuerzo como se pueden ver en los detalles. El tipo de acero utilizado es B500S.



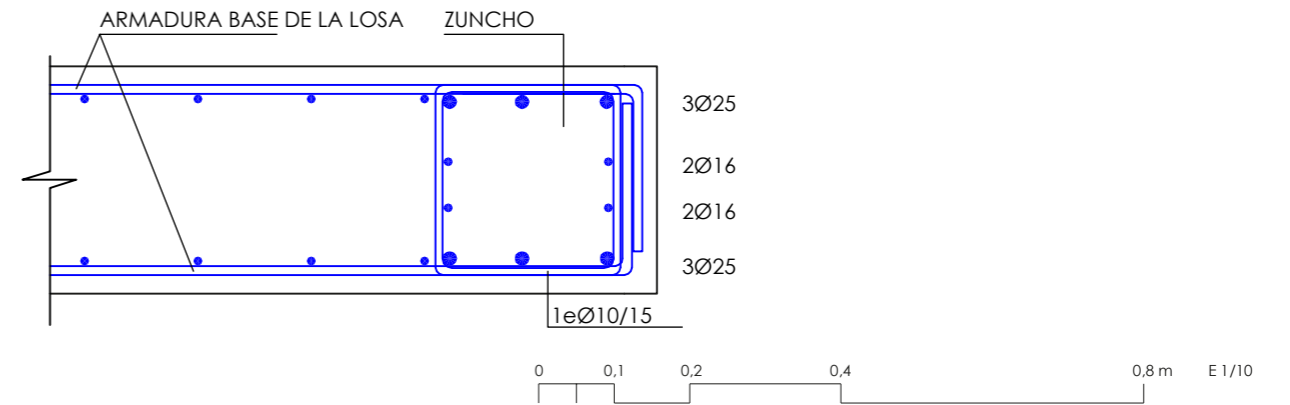
ARMADURA REFUERZO ZONA A



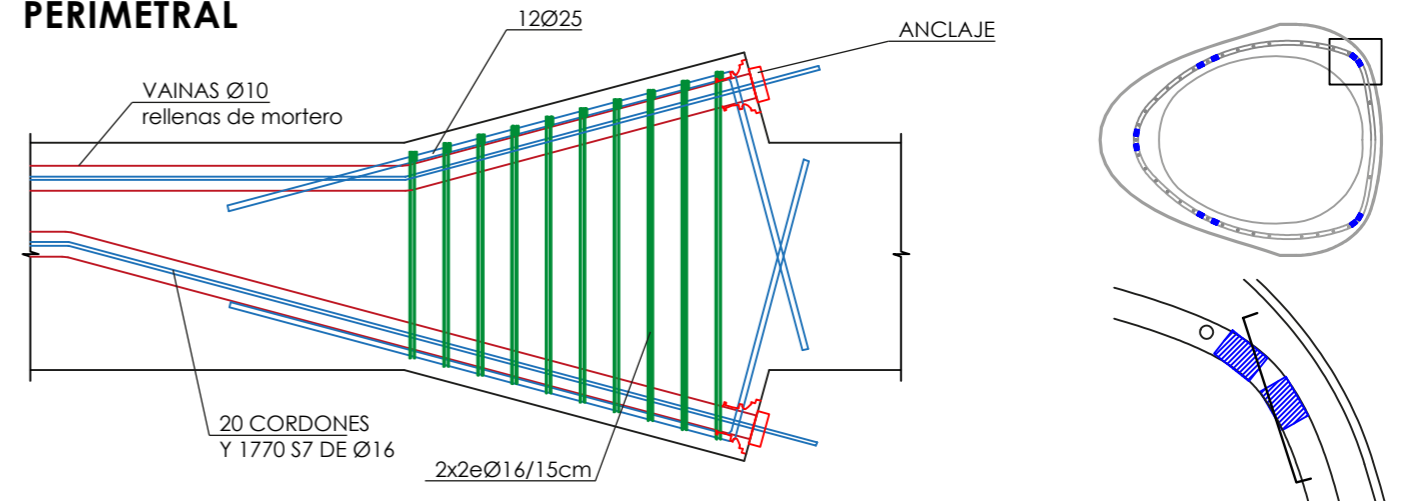
ARMADURA REFUERZO ZONA B



ZUNCHO DE BORDE EN LOSA



SALIDA DE VAINAS SUPERIORES E INFERIORES DE POSTESADO DE ZUNCHO PERIMETRAL



En este detalle se puede observar uno de los puntos de anclaje de las armaduras de postesado, el cual está reforzado con 12Ø25 y estribos que atan a las 4 vainas y las 12 armaduras. Los 20 cordones que se encuentran dentro de cada una de las vainas se sujetan mediante el mortero que se inyecta dentro de las vainas y los anclajes que se colocan en el exterior.



UNIÓN LOSA CON EL TERRENO

En este detalle se puede observar el armado de la losa entre el zuncho perimetral y la cimentación. En esta zona es donde se van aproximando los zunchos perimetrales entre sí, haciendo que disminuya la zona de la losa con el armado base. Todas estas armaduras se solapan con las armaduras de espera de la zapata de la cimentación de la losa con el terreno. En esta zona de la losa, el espesor es de 100 cm.

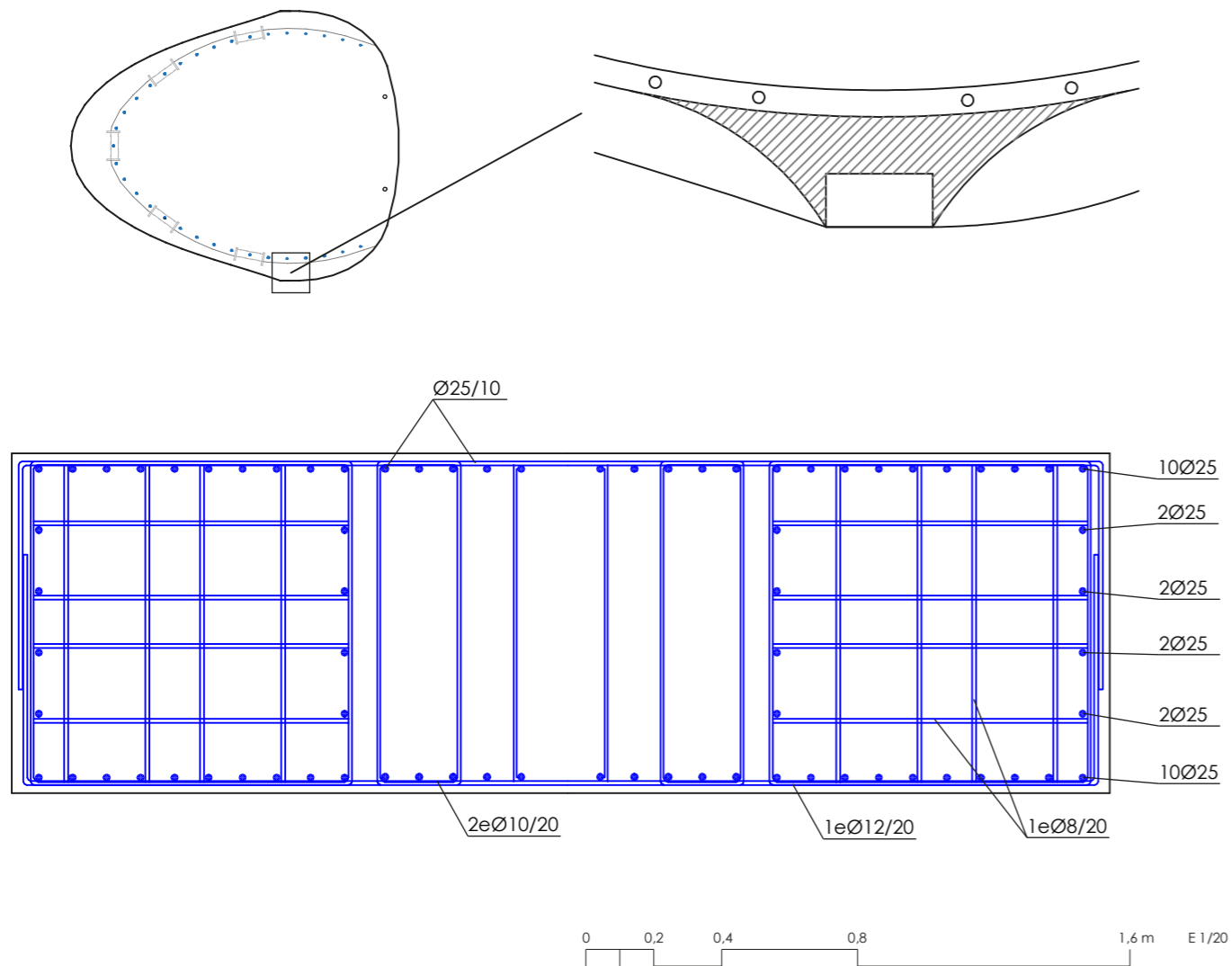


Fig 7.1



Fig 7.2

07.2_CUBIERTA KAL-ZIP

En la terminal se decidió que el acabado de la cubierta fuera tipo Kal-zip en vez de que el hormigón se quedara visto, ya que por la parte exterior de la cubierta sobresale la viga de postesado, y con esta cubierta se pudo eliminar ese problema estético, y, a la vez, tener un sistema de evacuación de aguas y un mayor aislamiento.

La cobertura de la lámina de hormigón que conforma la cubierta está formada por un sistema kal-zip que facilita el drenaje de las aguas en dos direcciones, una en sentido transversal a la dirección principal de la cubierta, ubicada en el cuello de unión entre el edificio Satélite y el Procesador, y la otra formada por dos canalones que circulan por el contorno opuesto de la cubierta, discurrendo en el sentido de la curva en dirección a los apoyos principales.

Dicha cobertura está formada por una barrera de vapor y aire, aislamiento de lana de roca. A continuación se colocan los omegas de acero galvanizado y las bandejas exteriores kal-zip sujetadas por los clips de aluminio que fijan las omegas.

Las bandejas utilizadas son bandejas rectas de aluminio tipo kalzip 65/400 de 1 mm de espesor gofrado.

Para unir las bandejas perfiladas Kal-zip con la subestructura se deben utilizar clips especiales de aluminio, que encajan en las aletas rebordadas de las bandejas y se solapan con la siguiente unidad. De esta forma los elementos de fijación quedan ocultos bajo la cubierta y no la perforan, lo que garantiza una muy buena estanqueidad frente a la lluvia.

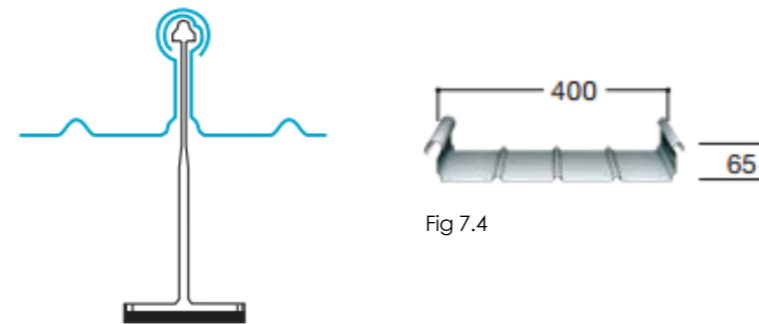


Fig 7.3

Fig 7.4



Fig 7.5

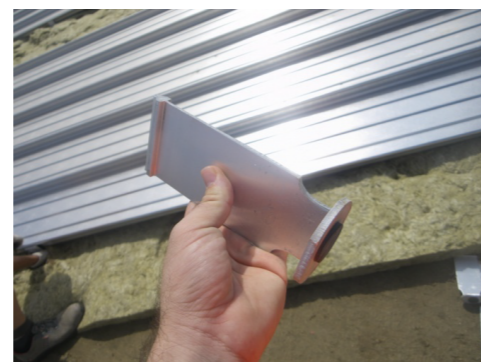


Fig 7.6

Los clips permiten una contracción y dilatación longitudinal por los cambios de temperatura. La cabeza del clip está diseñada para no obstaculizar la dilatación longitudinal de las bandejas perfiladas, lo cual permite utilizar bandejas de grandes dimensiones.

Estos clips son colocados mecánicamente mediante una máquina rebordeadora que podemos ver en la imagen adjunta.



Fig 7.7

La cubierta Kal-zip suele apoyarse sobre unas correas formadas por perfiles metálicos, en la terminal se ha construido una estructura espacial sobre la que apoyar la cubierta.

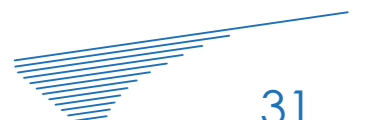
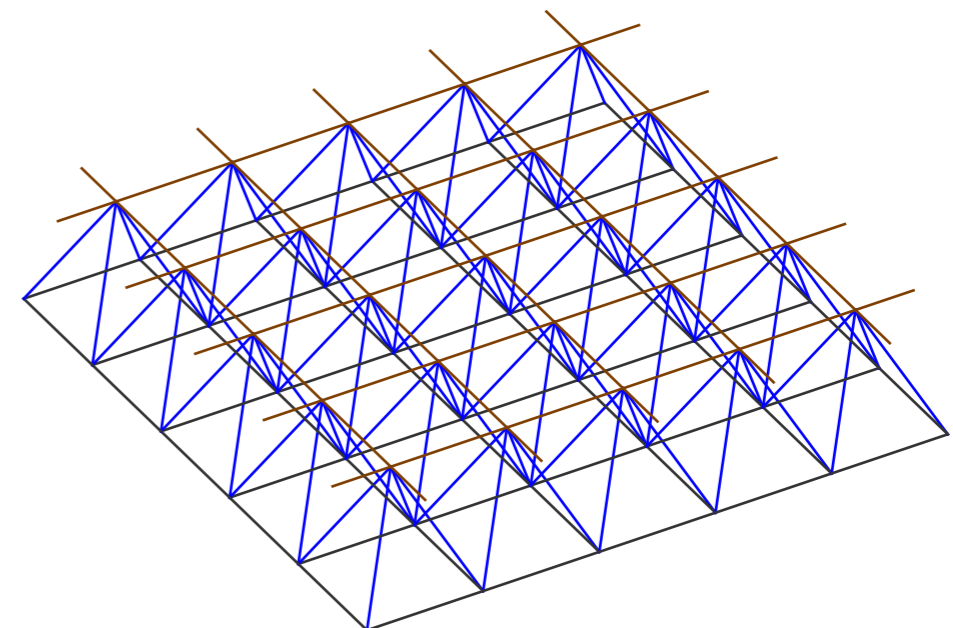




Fig 7.8

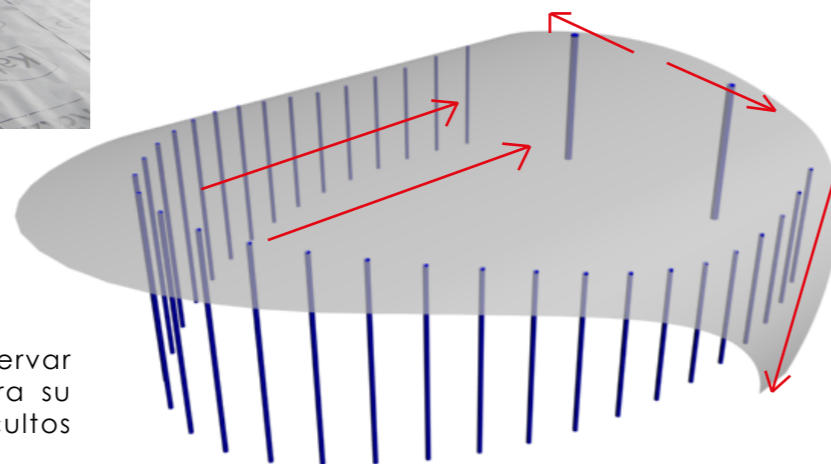


Fig 7.9



Fig 7.10

En la fotos se puede ver la colocación de la cubierta, aunque estas fotos pertenecen a la construcción de la terminal T2 y se puede observar que la dirección de las bandejas Kal-zip es perpendicular a la dirección en la que están dispuestas en la Terminal Regional.

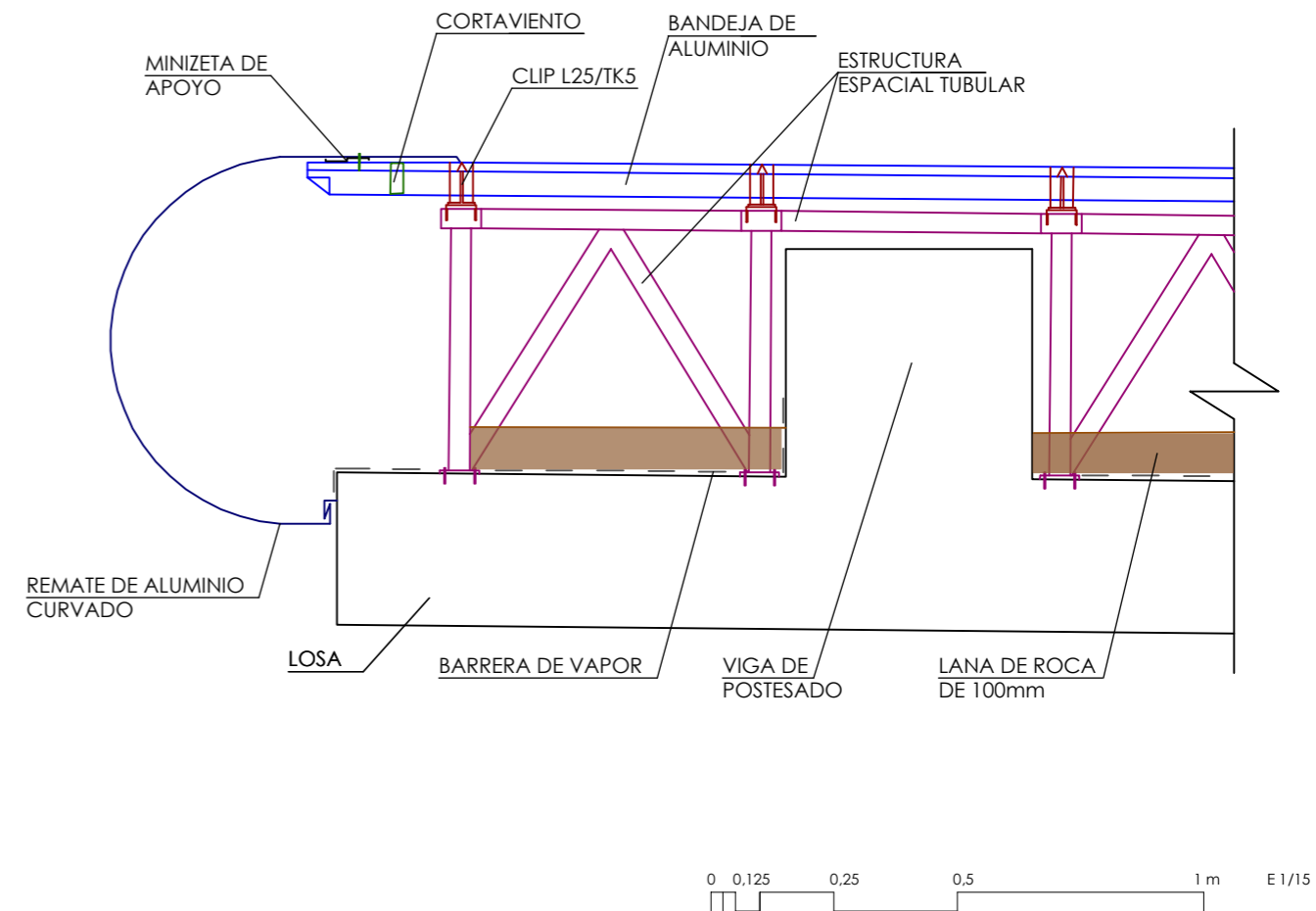
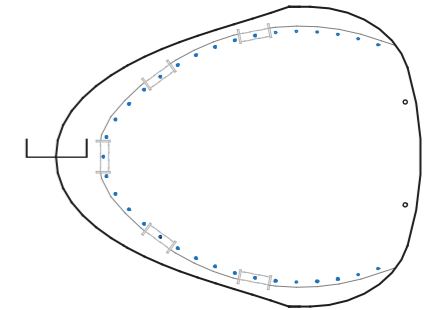


En el siguiente dibujo se puede observar la dirección que toma el agua para su evacuación mediante canalones ocultos en la cubierta Kal-zip.

DETALLE BORDE DE LA LOSA

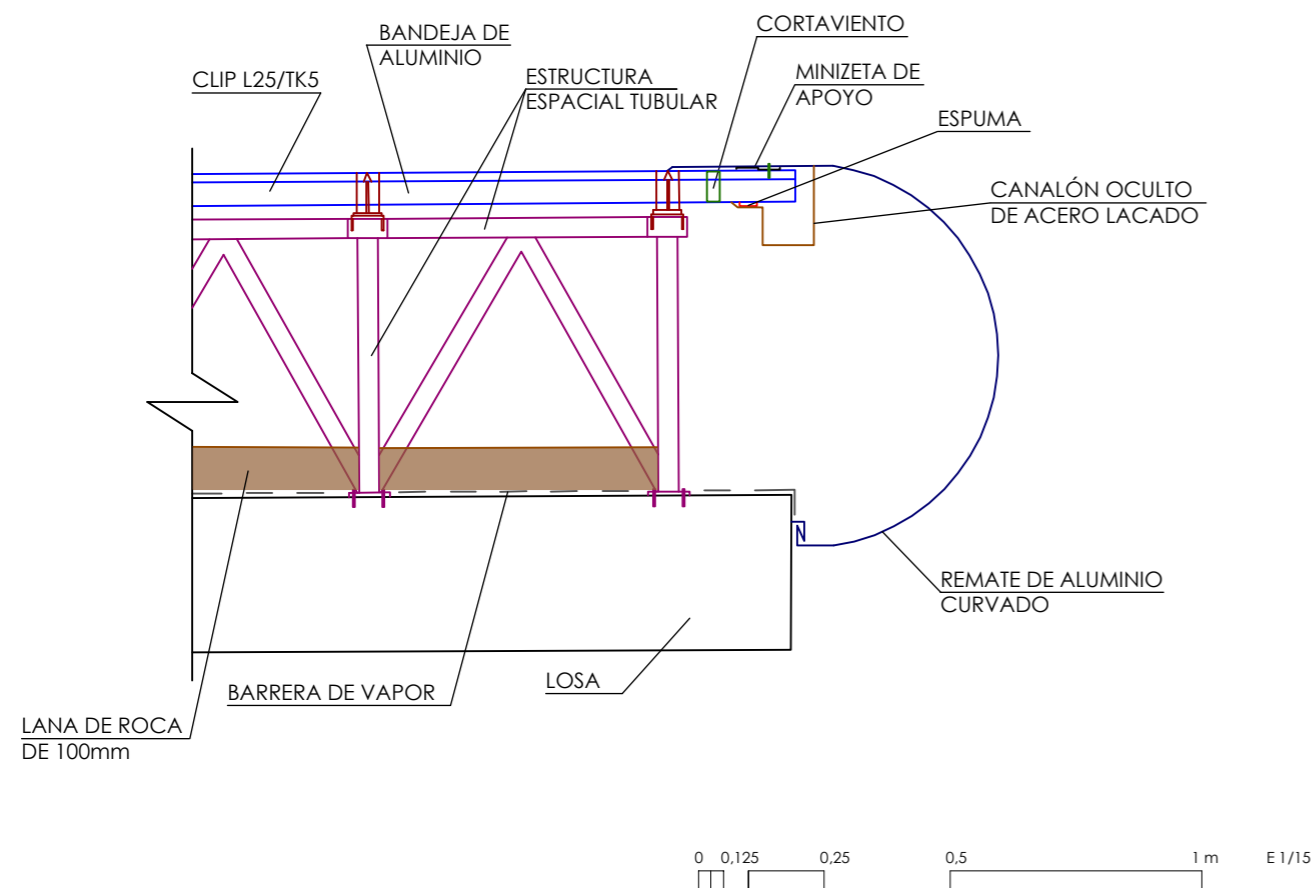
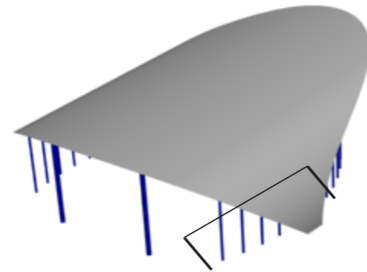
En este detalle se puede ver cómo se ha solucionado el borde de la losa con la cubierta Kal-zip para que no se vea desde el exterior la estructura que forma la cubierta y que no pueda ser dañada por agentes externos.

La solución se materializa mediante un remate de aluminio curvado que se atornilla a una minizeta sobre la bandeja de aluminio.



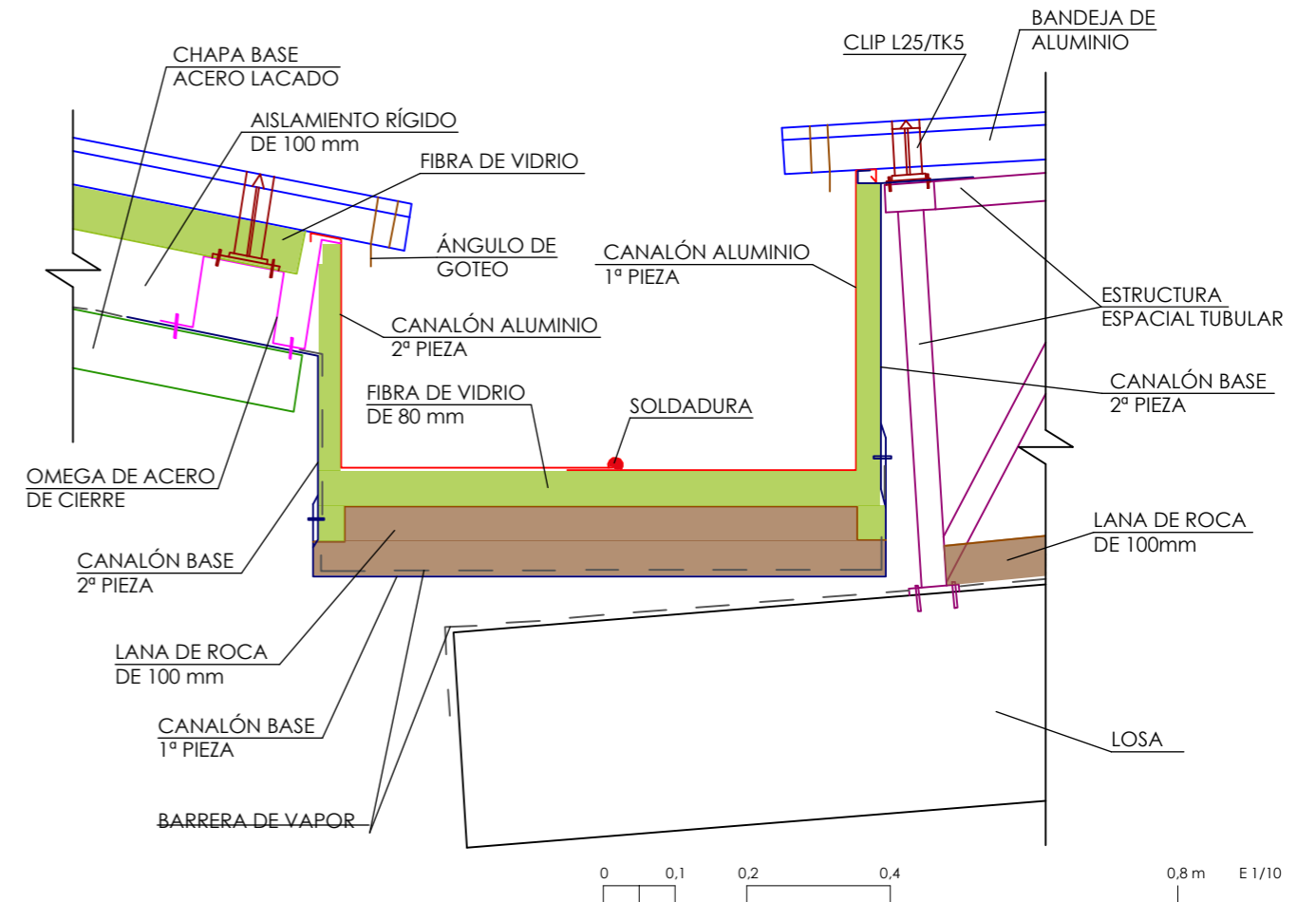
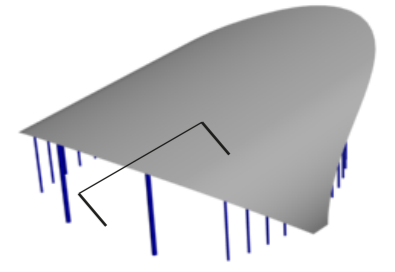
DETALLE BORDE DE LA LOSA CON CANALÓN OCULTO

En este detalle se puede ver cómo se ha solucionado el borde de la losa con la cubierta Kal-zip en la parte que está colocado el canalón oculto para evacuar las aguas que vienen de la parte superior de la cubierta. La solución se materializa mediante un remate de aluminio curvado que se atornilla a una minizeta sobre la bandeja de aluminio, detrás del remate de aluminio está colocado el canalón que recoge las aguas que bajan gracias a las greclas en el sentido descendente de la cubierta y que permiten la fácil evacuación.



DETALLE CANALÓN ENTRE TERMINAL REGIONAL Y TERMINAL T1

El detalle representa la unión de las dos terminales en un canalón en el cual desembocan las aguas de las dos cubiertas. En cuanto a la Terminal Regional, gracias a la pendiente de 5° de la cubierta, se recogen las aguas en el canalón representado, para posteriormente descender por el canalón oculto, representado anteriormente, por cada uno de los lados. Se puede observar que en la terminal T1, la construcción de la cubierta Kal-zip se ha realizado de una forma diferente a la Terminal Regional, materializándose sin la necesidad de colocar una estructura espacial para salvar alturas variables, como ocurre con la viga de postesado en la Terminal Regional.

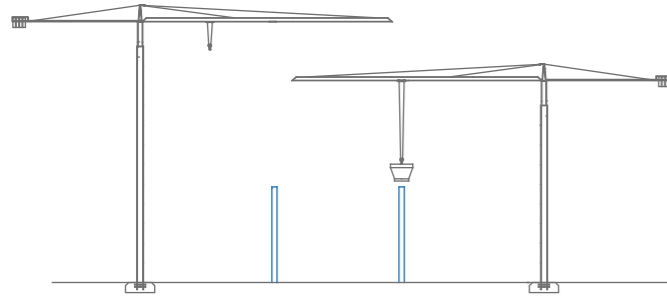


07.3_PLANO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

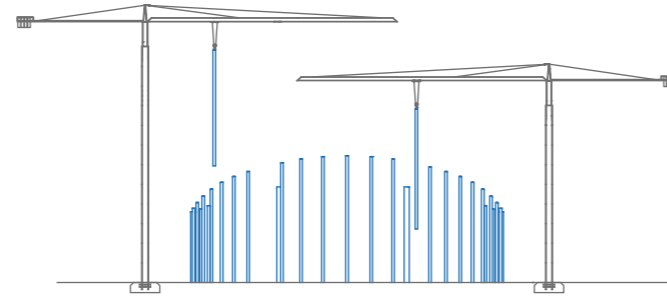


Fig 7.11

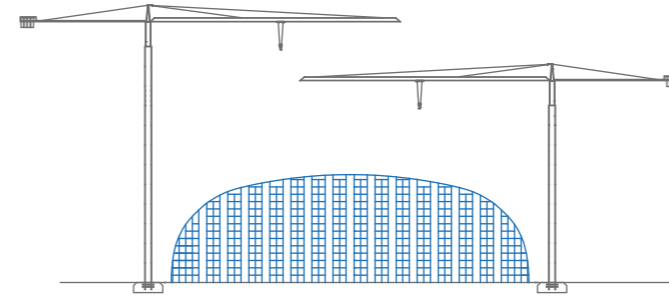
07.4_ORDEN DE CONSTRUCCIÓN DE LA TERMINAL



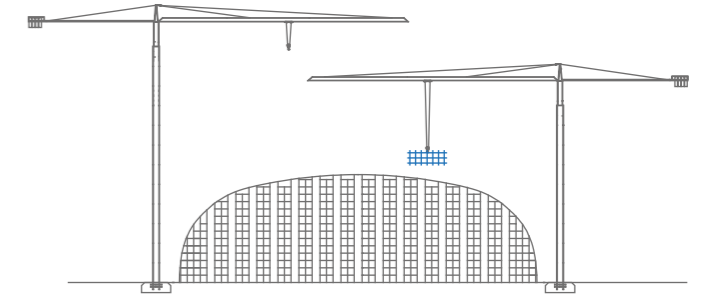
1. CIMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN
PILARES HORMIGÓN



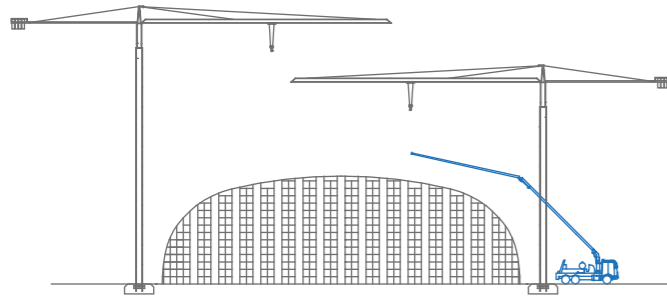
2. CIMENTACIÓN Y COLOCACIÓN
PILARES METÁLICOS



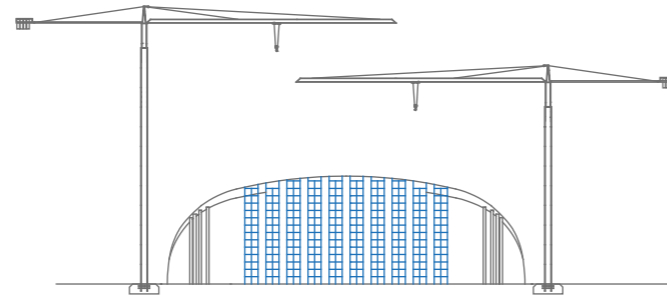
3. COLOCACIÓN CIMBRADO



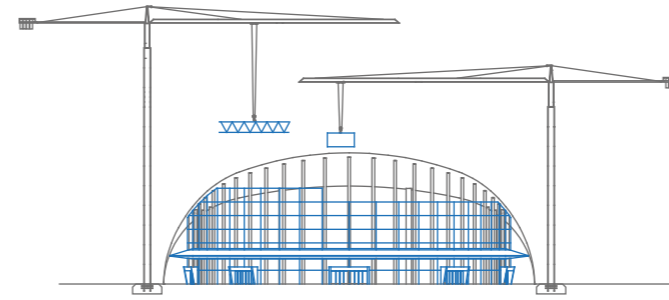
4. COLOCACIÓN DE LA ARMADURA



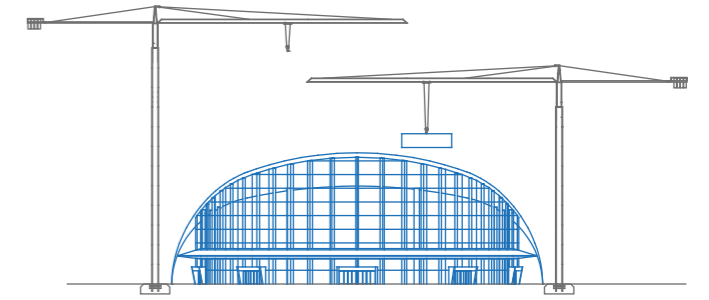
5. HORMIGONADO Y POSTERIOR TESADO
E INYECCIÓN DE LAS VAINAS



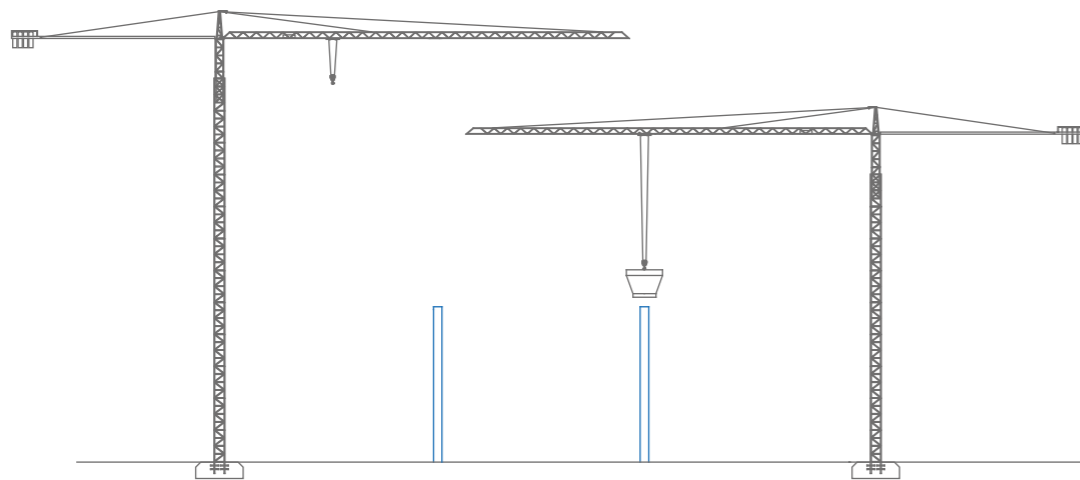
6. DESCIMBRADO



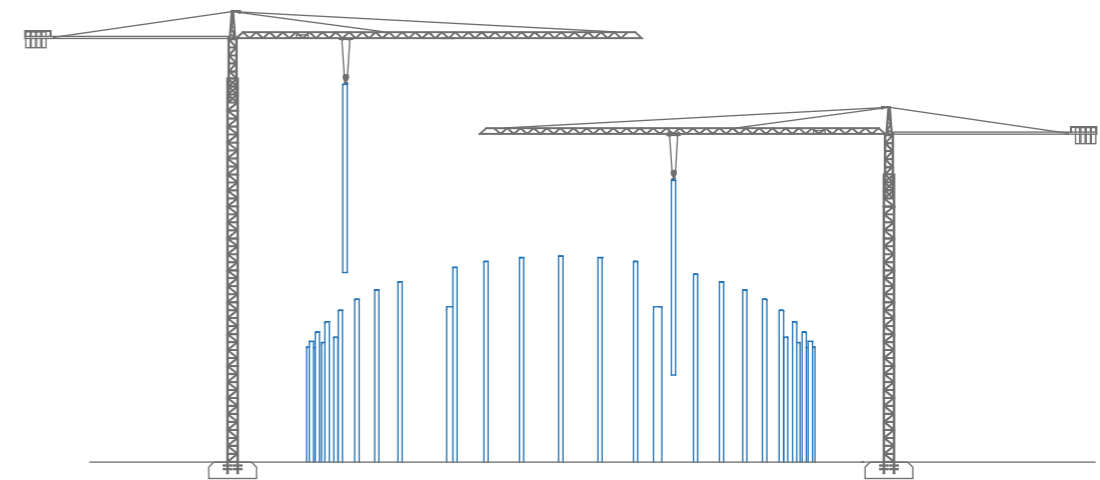
7. COLOCACIÓN DE LA CARPINTERÍA, DE
LOS PANELES DEL MURO CORTINA Y DE LA
ESTRUCTURA AUXILIAR DE LA CUBIERTA
KAL-ZIP



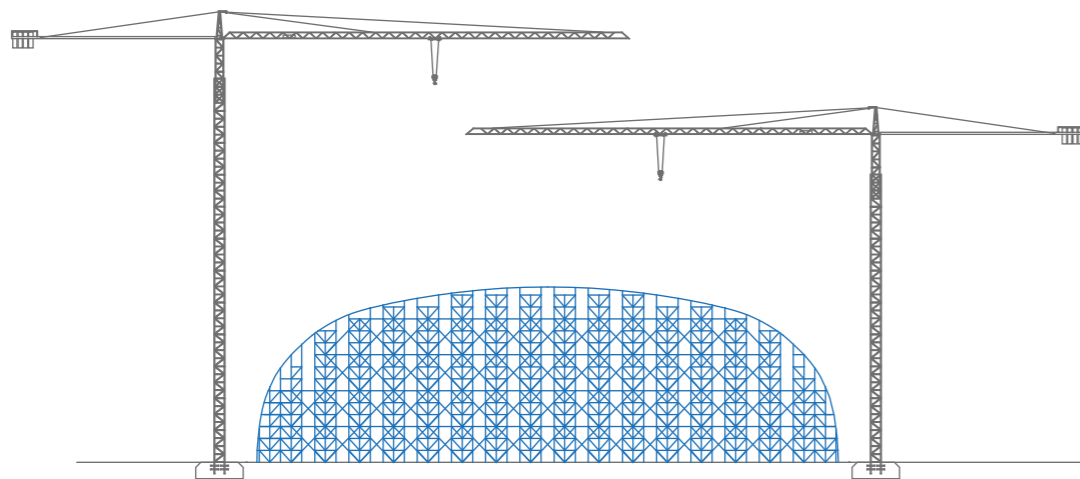
8. ACABADOS INTERIORES Y MON-
TAJE DE LA CUBIERTA KALZIP



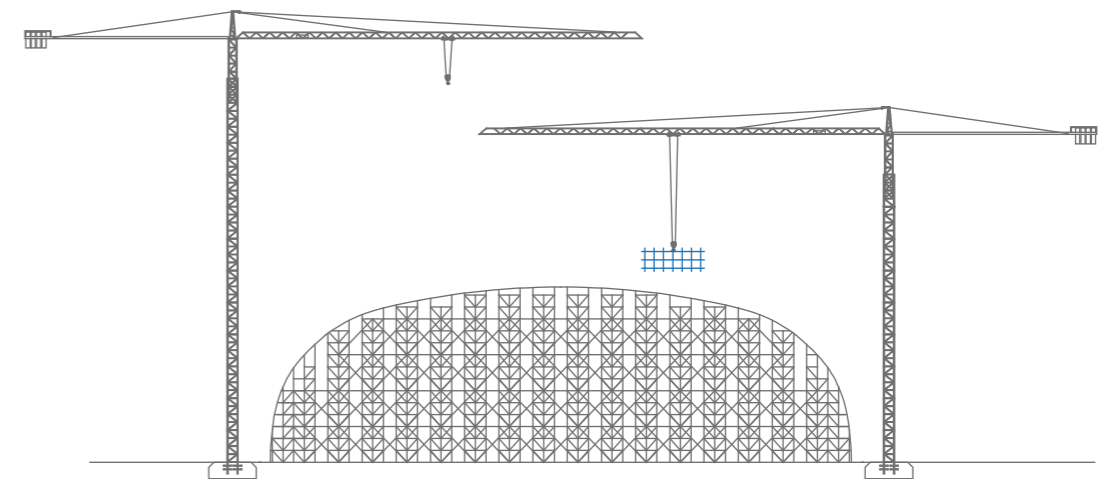
1. CIMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN PILARES HORMIGÓN



2. CIMENTACIÓN Y COLOCACIÓN PILARES METÁLICOS



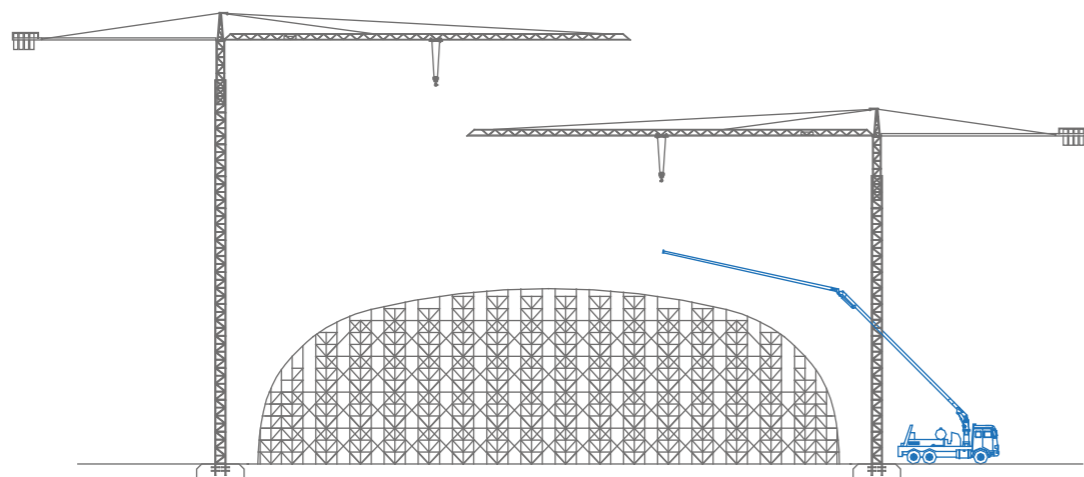
3. COLOCACIÓN CIMBRADO



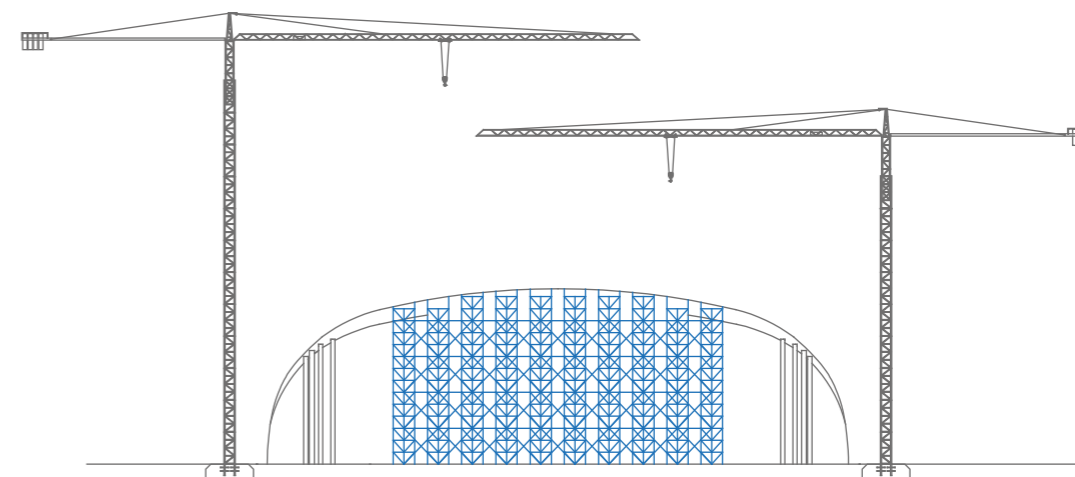
4. COLOCACIÓN DE LA ARMADURA

1. Se construyen los dos pilares de hormigón con su correspondiente cimentación mediante zapatas aisladas. Su hormigonado se realiza mediante una cuveta sujeta por la grúa.
2. Se colocan los pilares metálicos cada 4 m todos ellos sobre una cimentación formada por una losa corrida siguiendo la dirección de los pilares. Se utilizan las gruas para su colocación.

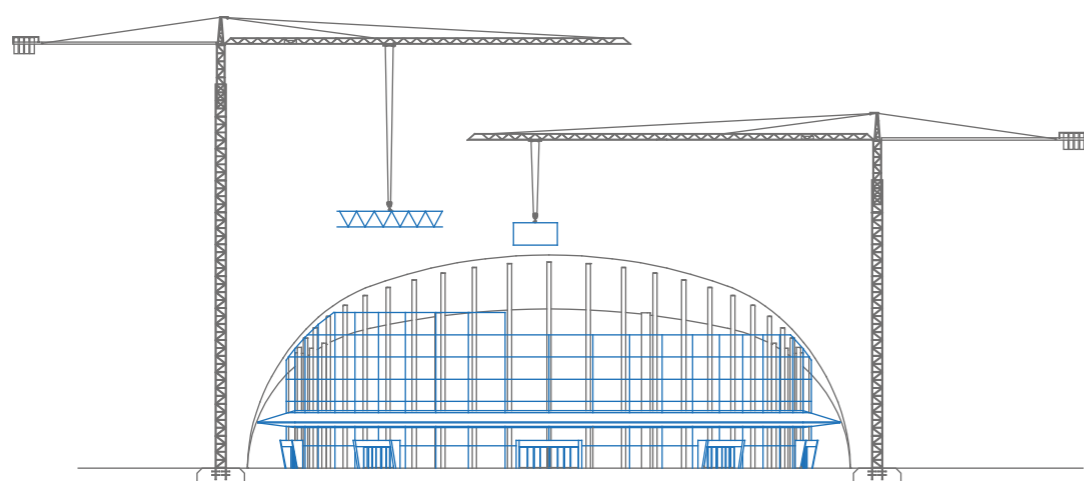
3. Ejecución del cimbrado global de la lámina mediante cimbras especiales.
4. Colocación de las armaduras de la losa y de las vainas de la viga de postesado. Se utilizan las gruas para subir las armaduras al cimbrado.



5. HORMIGONADO Y POSTERIOR TESADO E INYECCIÓN DE LAS VAINAS

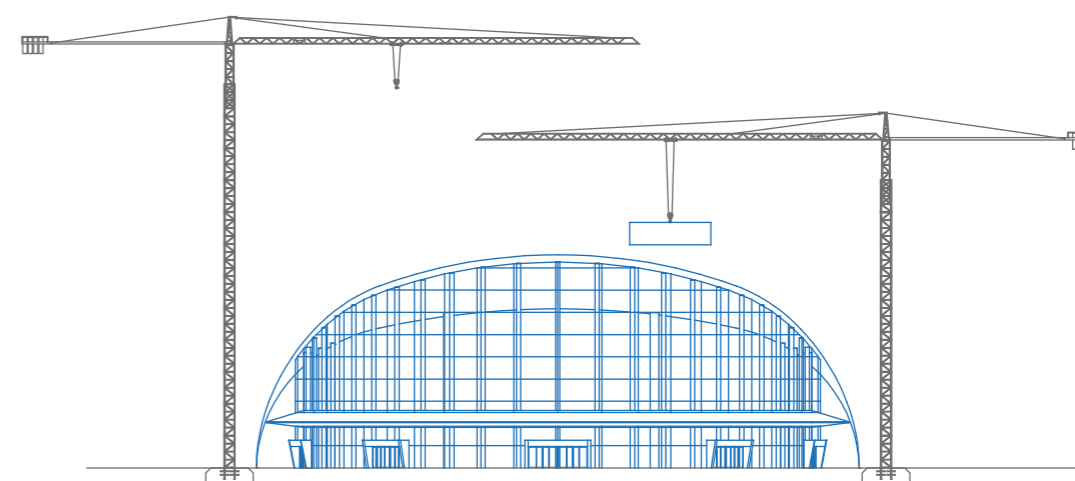


6. DESCIMBRADO



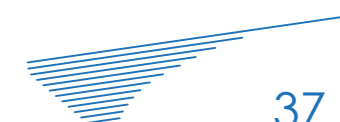
7. COLOCACIÓN DE LA CARPINTERÍA, DE LOS PANELES DEL MURO CORTINA Y DE LA ESTRUCTURA AUXILIAR DE LA CUBIERTA KAL-ZIP

5. Hormigonado de la losa en 7 fases mediante una bomba de hormigonado. Cuando el hormigón está curado, se introducen las armaduras dentro de las vainas de la viga de postesado y se les aplica el tesado, posteriormente se inyecta mortero dentro de las vainas para sujetar las armaduras y transmitir las tensiones.



8. ACABADOS INTERIORES Y MONTAJE DE LA CUBIERTA KAL-ZIP

6. Descimbrado, primero se retiran las cimbras de los vuelos y a continuación del anillo hacia el centro.
7. Colocación de la marquesina, de las puertas de salida a las pistas y el muro cortina. También se monta la estructura auxiliar (una estructura espacial) sobre la que posteriormente se colocará la cubierta Kal-zip.
8. Por último se colocará el pavimento y los acabados del interior. En la parte exterior de la cubierta, se colocará, sobre la estructura auxiliar, la cubierta Kal-zip.



07.5 PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA LOSA LAMINAR

1. CIMENTACIÓN Y COLOCACIÓN DE PILARES

Lo primer paso para la construcción de la terminal consiste en realizar la cimentación y la colocación de cada uno de los pilares.

Para la ejecución de la terminal se han utilizado dos tipos de pilares, unos son metálicos de forma tubular y otros de hormigón armado.

En los detalles de la cimentación de los dos tipos de pilares se ha podido observar cómo se han ejecutado y todos los elementos que los forman.

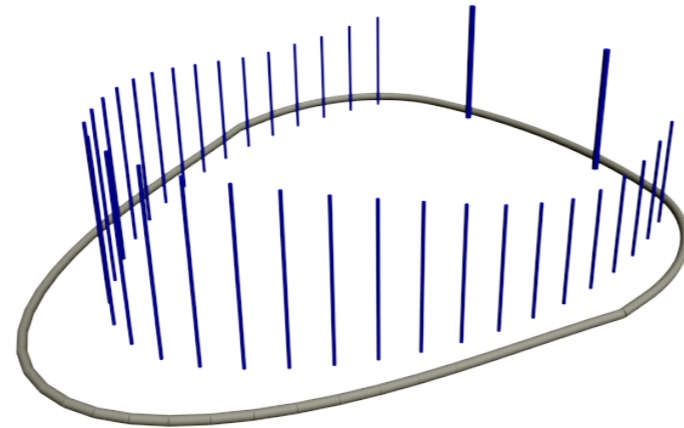


Fig 7.13

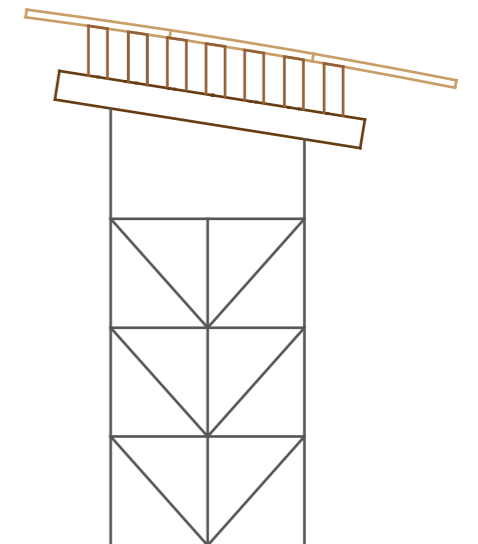
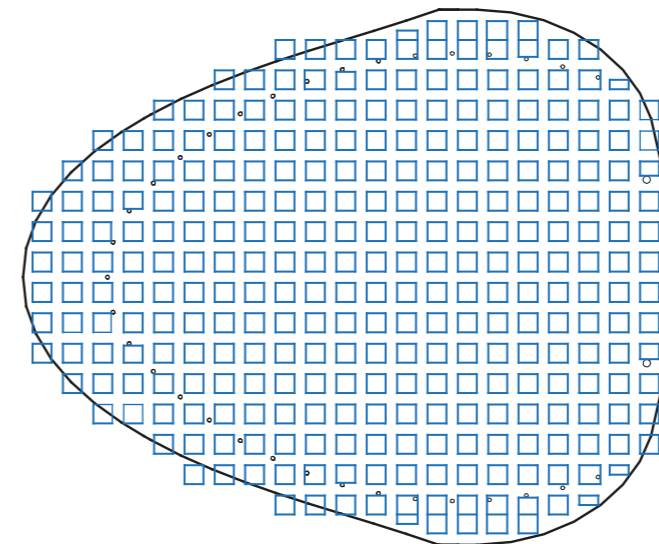
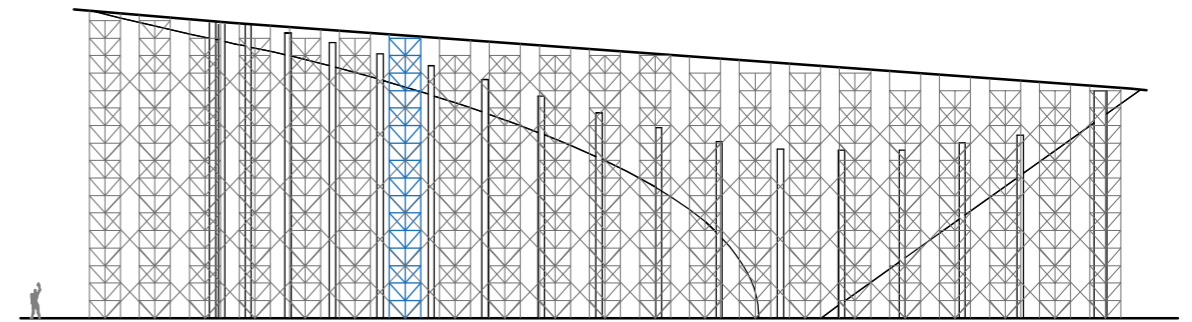
2. EJECUCIÓN DEL CIMBRADO GLOBAL DE LA LÁMINA

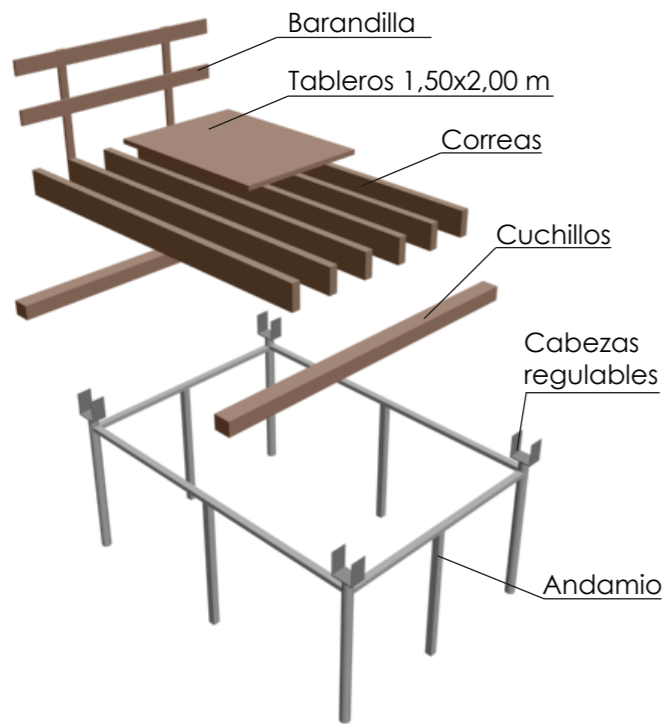
El siguiente trabajo a realizar para la ejecución de la losa es el montaje del cimbrado para poder hormigonar la losa.

Dicho cimbrado debe ser único y ejecutado en su totalidad con el fin de poder ejecutar toda la losa. El cimbrado está diseñado para permitir la contracción del anillo durante la ejecución del postesado del mismo y está formado por unas torres que están arriostradas horizontalmente. En lo más alto de las torres hay unas cabezas regulables sobre las que se colocan los cuchillos unidos entre sí mediante correas de diferentes alturas que se adaptan a la forma curva de la losa y sobre ellas se coloca el entablado.



Fig 7.12





Como se puede observar en la figura de la izquierda, en los bordes donde termina la losa se coloca una barandilla de protección para los operarios.

Los tablones que se utilizaron para el cimbrado eran de plástico y flexibles, por lo que permitían una mejor adaptación a la forma de la losa. El hecho de que se colocaran tablones de este material, puede ser el motivo por el cual, en la parte de la losa que se puede ver desde el interior de la terminal, hayan algunas manchas, ya que parte del agua del hormigón durante el curado podría haberse quedado entre el hormigón y los tablones, ya que estos, al contrario que los tablones de madera, no absorben el agua de la exudación del hormigón durante el curado del mismo.

3. COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS

Un vez montado todo el cimbrado, se dispone a colocar todas las armaduras de la losa según los planos de ejecución.

Las armaduras que se colocan en esta fase son las de la losa de la cubierta con sus 2 zonas diferenciadas como se ha podido ver en los detalles constructivos, las placas de anclaje de los pilares con sus respectivos pernos para su unión con la losa y las vainas para, posteriormente, colocar los cables del anillo perimetral postado en su interior.

Para subir las armaduras a la parte superior de la losa se utilizarán las gruas.



Fig 7.14

4. HORMIGONADO DE LA LOSA POR FASES



Fig 7.15

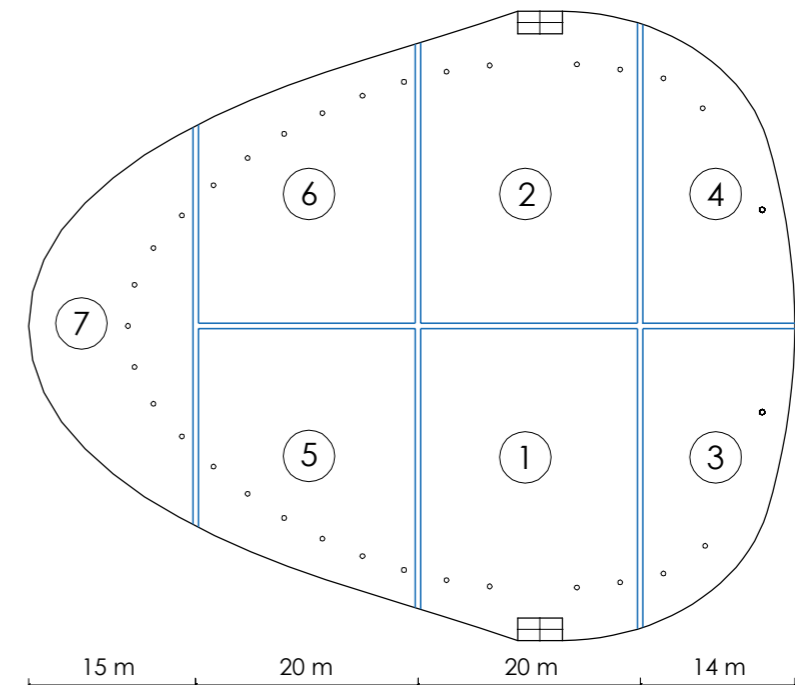
Colocadas ya todas las armaduras citadas anteriormente, se procede al hormigonado de la losa, que al ser esta de unas dimensiones tan grandes, tiene que ser hormigonada en varias fases, concretamente en 7 fases, que se pueden ver en el siguiente esquema.

Cada una de las fases de hormigonado está separada de las demás mediante unas calles de hormigonado de 50 cm de ancho, formadas por tablones de madera.

El hormigonado se realiza mediante bombas de hormigonado que permiten subir el hormigón a lo alto de la losa, así los operarios poder expandirlo y vibrarlo.

FASES DE HORMIGONADO

El período de tiempo establecido entre el hormigonado de la última fase y el relleno de las calles separadoras es de 90 días.



5. TESADO DE LAS ARMADURAS ACTIVAS DEL ANILLO DE POSTESADO

Dado que en la terminal se construye una viga postesada, se va a explicar brevemente la diferencia que hay entre el hormigón postesado y el hormigón pretensado.

HORMIGÓN POSTESADO

Las vigas de hormigón postesado son aquellas a las que se somete al hormigón, después del vertido y del fraguado, a esfuerzos de compresión mediante armaduras activas colocadas dentro de vainas. Las vainas se colocan dentro del encofrado siguiendo el diseño de la estructura, y una vez hormigonada la superficie, se procederá a colocar las armaduras dentro de las vainas y a su correspondiente tesado. Lo último que se realizará una vez tesadas las armaduras, será un anclaje adherente, en el cual se rellenan las vainas con mortero de alta resistencia, adheriéndose la armadura al hormigón armado y protegiéndose de la corrosión.

HORMIGÓN PRETENSADO

Las vigas de hormigón pretensado son aquellas a las que se les someten esfuerzos de compresión antes de su puesta en servicio.

Para conseguir un aumento de la resistencia a tracción del hormigón, se le introduce un esfuerzo a compresión en el interior de la viga para contrarrestar parte del esfuerzo a tracción que producen las cargas una vez puesta en servicio.

La mayoría de los elementos son prefabricados y vienen ya tesados y hormigonados de taller.

Para este método de construcción se suelen utilizar hormigones y aceros de alta resistencia, ya que se les aplica un esfuerzo importante.

El tesado de las armaduras activas se realizó siguiendo el programa de tesado con las diferentes fases que están especificadas en los planos.

Primero se dividió el tesado en 2 fases, y cada una de las fases se volvió a dividir en 5 ciclos, en los cuales se iba aplicando un % del tesado total, los porcentajes aplicados en cada ciclo fueron los siguientes:

- Ciclo A: 20% del tesado total.
- Ciclo B: 40% del tesado total.
- Ciclo C: 60% del tesado total.
- Ciclo D: 80% del tesado total.
- Ciclo E: 100% del tesado total.

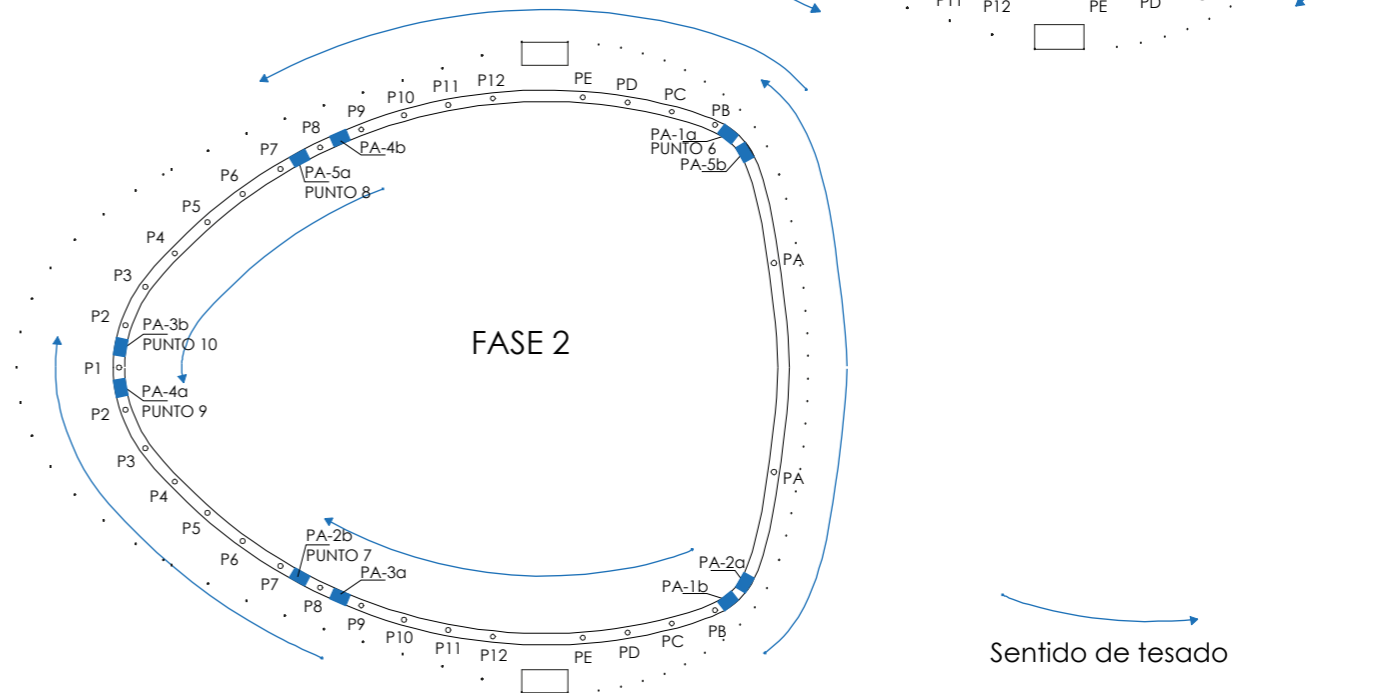
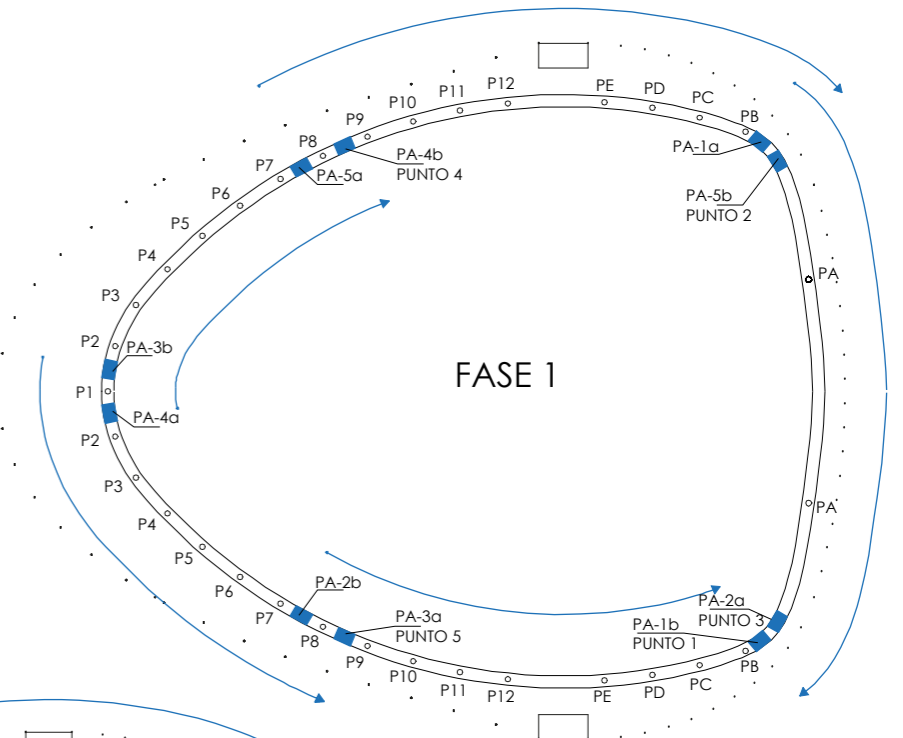
Para realizar el tesado se programaron 10 puntos de tesado, de los cuales 5 fueron los utilizados para la primera fase y los otros 5 para la segunda.

En cada punto habían colocadas, anteriormente al hormigonado, 4 vainas adquiriendo la forma del anillo y dentro de cada una de ellas se introdujeron las armaduras pertinentes para su posterior tesado.

La fuerza que se aplicó a las armaduras de cada vaina fue diferente en cada fase, siendo estas fuerzas de 1260 t en la primera fase y de 1400 t en la segunda.



Fig 7.16

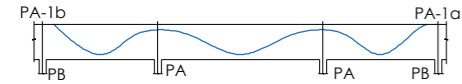


A continuación se puede observar el trazado que forman cada una de las vainas que forman el anillo de postesado.

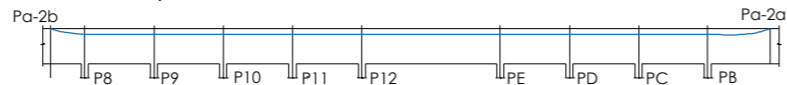
Traza tramo PA1b-PA1a
Vainas superiores



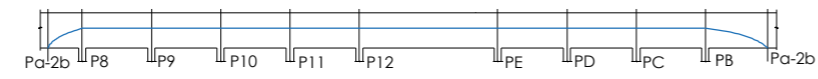
Vainas inferiores



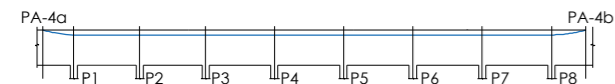
Traza tramo PA2b-PA2a
Vainas superiores



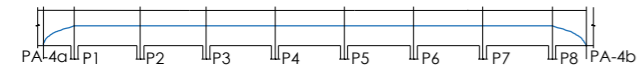
Vainas inferiores



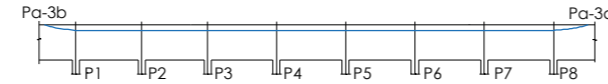
Traza tramo PA4a-PA4b
Vainas superiores



Vainas inferiores



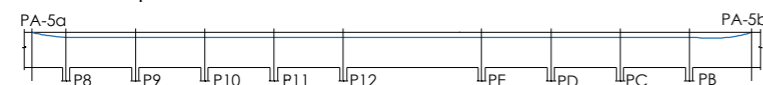
Traza tramo PA3b-PA3a
Vainas superiores



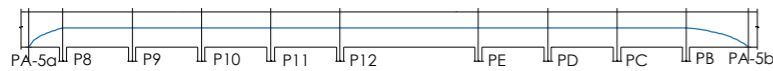
VAINAS INFERIORES



Traza tramo PA5a-PA5b
Vainas superiores



Vainas inferiores



6. INYECCIÓN DE LAS VAINAS

Una vez realizado el tesado de las vainas, se procedió inyectar por el interior de estas un mortero de alta resistencia, haciendo que se adhiera a las armaduras y que las proteja de la corrosión. La inyección de este mortero también permite que las armaduras del interior de las vainas transmitan las tensiones, a las que se les había sometido en el tesado, al hormigón de la losa.

Durante la inyección del mortero, para saber que la vaina estaba toda llena de mortero, habían algunos agujeros a lo largo de las vainas que sirvieron para comprobar que estaban llenas en toda su longitud, ya que por estos agujeros (que posteriormente fueron tapados) salía el mortero conforme iba avanzando a lo largo de las vainas.

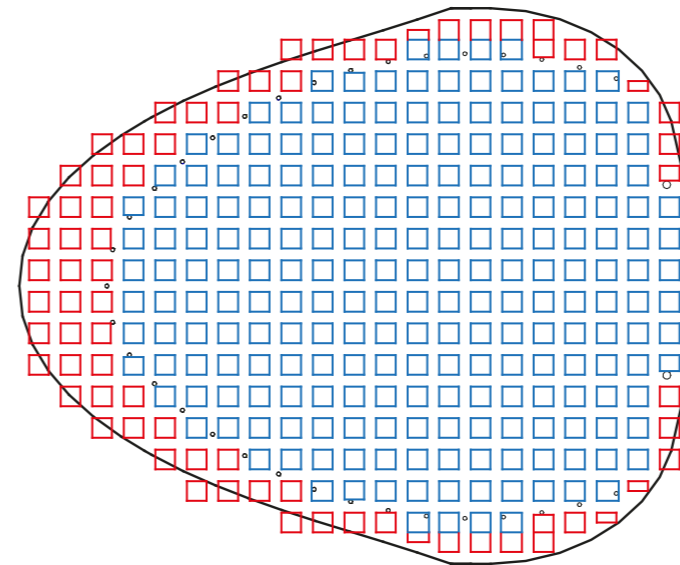
En los extremos de las vainas, una vez realizado el tesado y la inyección de mortero, se colocaron unas piezas metálicas que sujetan las armaduras del interior de las vainas y evitan su movimiento y que se metan hacia el interior.



Fig 7.17

7. DESCIMBRADO

Después del tiempo de curado del hormigón, se realizó el correspondiente descimbrado, para ello primero se retiraron las cimbras de los vuelos y posteriormente desde el anillo perimetral a la zona central. Después del descimbrado se obtuvieron unas flechas en el centro de la losa de 13 cm.



Primera fase de retirada de cimbras
Segunda fase de retirada de cimbras

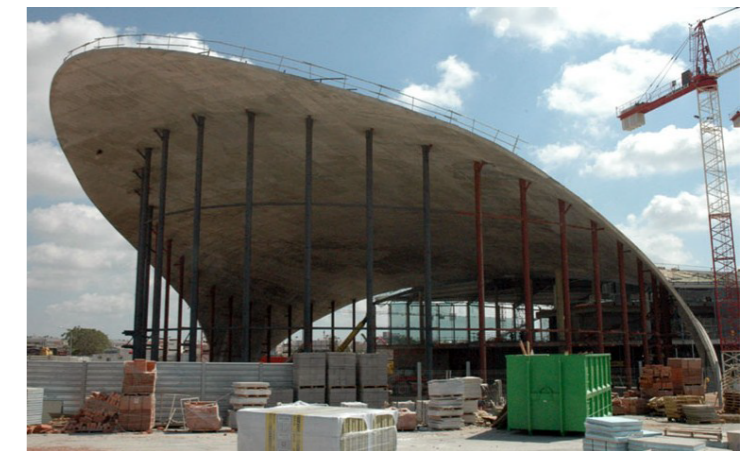
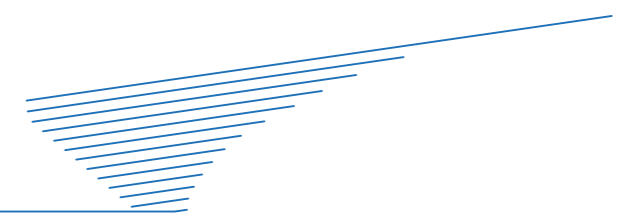


Fig 7.18

08 CONCLUSIONES



08_CONCLUSIONES

ANÁLISIS GEOMÉTRICO

La superficie de la cubierta de la terminal es el resultado de un cilindro de directriz óvalo con una inclinación ascendente de 5° hacia el lado aire, cortado por otro cilindro de superficie curva no regular en su fachada lado aire y por un plano inclinado 36° respecto a la horizontal en su unión con la terminal T1.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La cubierta es una lámina de espesor variable de hormigón que descansa sobre unos pilares metálicos y de hormigón, los cuales están atados por sus cabezas mediante un anillo de hormigón postesado que sirve de arriostramiento. La losa de hormigón también descansa en dos apoyos laterales (uno a cada lado de la terminal dispuestos simétricamente).

La cubierta trabaja como una losa de hormigón, que gracias a su pequeña curvatura en la zona central, que desarrolla una mayor área a compresión (gracias al efecto arco), hace que disminuyan las tensiones de flexión y transmitir las cargas a los soportes, y el efecto de las fuerzas del anillo perimetral postesado, como elemento de refuerzo de los arcos, permite que la losa se pueda materializar con un espesor de 30 cm.

ANÁLISIS CONSTRUCTIVO

La losa es de hormigón armado, con una armadura base en la zona de los pilares hacia el interior, y con refuerzos en los voladizos; atada perimetralmente mediante un zuncho de borde.

La viga de postesado sobresale por la parte superior de la losa, por lo que obliga a colocar un revestimiento que no permita ver esta viga, por lo que se opta por una cubierta Kal-zip, la cual facilita también la evacuación de las aguas gracias a la disposición de las bandejas y unos canalones, vistos en la parte superior y ocultos conforme bajan hacia al suelo.

Los pilares de hormigón sólo son dos y se colocan en la parte trasera del edificio, mientras que los pilares metálicos se colocan en el resto de la terminal cada 4 m.

El cerramiento vertical de la terminal está formado por un muro cortina que se sujeta a los pilares.

COEFICIENTE DE IDONEIDAD GEOMÉTRICA

Siguiendo el criterio de Francisco Javier Sanchis Sampedro en su tesis doctoral "La geometría de la superficies arquitectónicas", se va a proceder a valorar un coeficiente de la idoneidad geométrica (entre 0 y 6) a la terminal teniendo en cuenta los tres criterios siguientes:

DISEÑO GEOMÉTRICO (0-2): análisis de si la geometría está bien aplicada y de manera limpia o han habido transformaciones durante su materialización.

La terminal se ha ejecutado con la misma geometría con la que había sido diseñada, la única diferencia con el diseño original es que el anillo perimetral se tuvo que poner en la parte superior de la losa, sobresaliendo sobre esta. Por lo tanto la superficie no es lisa en su totalidad.

Teniendo en cuenta estos aspectos se le valora en 1,5.

COHERENCIA GEOMETRÍA - ESTRUCTURA (0-2): el grado en el que la geometría ayuda a la estructura a trabajar.

La estructura de la terminal no se sustentaría por sí sola si no fuera gracias a la ayuda de los pilares y del anillo postesado. Una cosa a favor en cuanto a la ayuda de la geometría para el trabajo es la estructura, es que la pequeña curvatura que se forma en la parte superior, permite que disminuyan los esfuerzos de tracción en esta zona y aumenten los de compresión, ayudando así a que no se deforme la losa.

En el apartado del análisis estructural se ha dado una solución alternativa a la forma ejecutada, en la que sólo se necesitarían los pilares en la zona posterior para evitar el vuelco, pese a ello, hay que reconocer el mérito que tienen los diseñadores de la cubierta, que para mantener esta geometría, han tenido que estudiar las soluciones adecuadas para que la cubierta pueda transmitir las tensiones y que se pueda sostener.

Según estos criterios la valoración de este apartado es de un 1.

DESARROLLO CONSTRUCTIVO (0-2): análisis de si la geometría y sus propiedades se han utilizado en la construcción del elemento.

Las generatrices del cilindro han servido para marcar la dirección en la que se tenían que colocar los tablones del encofrado.

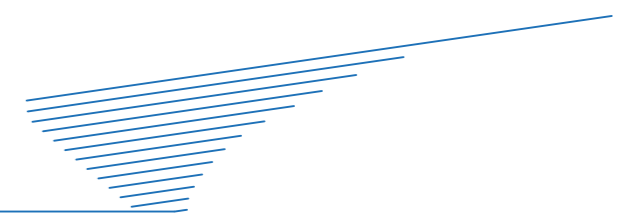
Dado que la superficie es simétrica, el cimbrado se pudo colocar de la misma forma facilitando su montaje.

Se ha aprovechado la curvatura de la superficie para programar las juntas de hormigonado en las zonas de menor esfuerzo.

La puntuación en este apartado es de un 1,5.

Teniendo en cuenta estos tres aspectos para la valoración del coeficiente de idoneidad geométrica del edificio, la puntuación total es de un 4.

09 BIBLIOGRAFÍA



09.1_BIBLIOGRAFÍA

Araujo Armero, Ramón, "Geometría, técnica y arquitectura", Geometrías complejas, Tectónica 17

Engel, Heino, 1997 "Sistemas de estructuras", Barcelona, Gustavo Gili

Moyá Soriano, Juan Fco., 2009 "Análisis estructural de la nueva terminal del aeropuerto de Valencia", Valencia, Valter, Valenciana de estructuras S.L.

PFG's 2012, "Taller 14. Superficies arquitectónicas singulares", [http://riunet.upv.es]

Sanchis Sampedro, Francisco J., 2011, TFM: "Las formas del hormigón. Catálogo práctico de diseño", [http://riunet.upv.es/handle/10251/14740]

Sanchis Sampedro, Francisco J., 2012, "La geometría de las superficies arquitectónicas", Diazotec

Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.aena-aeropuertos.es>

<http://www.aq.upm.es>

<http://www.asoclcuernavaca.com>

<http://www.fbarquitectura.com>

<http://www.fcc.es>

<http://www.kalzip.com>

<http://es.linkedin.com>

<http://www.peruarki.com>

<http://www.promateriales.com>

<http://es.scribd.com>

<http://www.es.wikipedia.org>

EMPRESAS CONSULTADAS



Empresa ganadora concurso
diseño: **fbarquitectura**



Cliente: **AENA**



Constructora: **FCC**



Empresa del revestimiento
de la cubierta: **Kalzip**

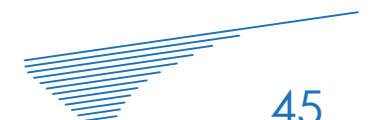
AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi profesor Francisco Javier Sanchis Sampedro por su ayuda en la realización de este proyecto.

También agradecer a Gonzalo Aguarón de la Cruz, exdirector del Plan Levante de Aena, por toda la documentación facilitada para poder hacer el proyecto y por la ayuda prestada resolviendo algunas dudas de la ejecución de la terminal.

Por último, agradecer a José Cayetano Soler David, por facilitarme el contacto con el personal del aeropuerto, y a Julián Cámara, director del aeropuerto de Manises, por facilitarme la información solicitada para realizar los estudios que se han desarrollado en este proyecto.

Sin la ayuda de todos ellos este trabajo hubiera sido muy difícil realizarlo.



09.2_ÍNDICE DE IMÁGENES

- Fig 1.1 <http://www.fbarquitectura.com> (17/02/2013) pag. 3
Fig 1.2 <http://www.fbarquitectura.com> (17/02/2013) pag. 3
Fig 1.3 <http://www.fbarquitectura.com> (17/02/2013) pag. 3
- Fig 2.1 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 5
Fig 2.2 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 5
Fig 2.3 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 5
Fig 2.4 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 5
Fig 2.5 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 5
Fig 2.6 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 6
Fig 2.7 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 6
Fig 2.8 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 6
Fig 2.9 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 6
Fig 2.10 Utrilla Navarro, Luis, 2007 "Historia del aeropuerto de Valencia", S.I. : AENA pag. 6
- Fig 3.1 <http://www.lisian.es> (2/04/2013) pag. 8
Fig 3.2 <http://www.mutua.es> (2/04/2013) pag. 8
Fig 3.3 Plano catastral de Manises, archivo cedido por Francisco J. Sanchis Sampedro pag. 8
Fig 3.4 <https://maps.google.es> (1/04/2013) pag. 8
Fig 3.5 <http://www.fbarquitectura.com> (6/03/2013) pag. 9
Fig 3.6 <http://www.fbarquitectura.com> (6/03/2013) pag. 9
- Fig 4.1 <http://www.fbarquitectura.com> (17/03/2013) pag. 13
Fig 4.2 <http://www.fbarquitectura.com> (26/03/2013) pag. 13
Fig 4.3 <http://www.fbarquitectura.com> (26/03/2013) pag. 13
Fig 4.4 <http://www.skyscrapercity.com> (27/03/2013) pag. 13
Fig 4.5 <http://www.santiagoaeropuerto.com> (27/03/2013) pag. 14
Fig 4.6 <http://www.diariodeavisos.com> (27/03/2013) pag. 14
Fig 4.7 <http://www.fbarquitectura.com> (27/03/2013) pag. 14
Fig 4.8 <http://www.pinch-magazine.com> (2/04/2013) pag. 15
Fig 4.9 <http://www.skyscraperlife.com> (2/04/2013) pag. 15
Fig 4.10 <http://www.emjaylorhistory.blogspot.com> (4/04/2013) pag. 15
Fig 4.11 <http://www.panoramaaudiovisual.com> (4/04/2013) pag. 16
Fig 4.12 <http://www.tumblr.com> (4/04/2013) pag. 16
Fig 4.13 <http://www.commons.wikimedia.org> (4/04/2013) pag. 16
Fig 4.14 <http://es.wikipedia.org> (5/04/2013) pag. 17
Fig 4.15 <http://www.descifrado.com> (5/04/2013) pag. 17
Fig 4.16 <http://www.sudesteasiatico-tajao21.blogspot.com> (5/04/2013) pag. 17
Fig 4.17 <http://www.vuelosbaratos.sobreturismo.es> (5/04/2013) pag. 17
Fig 4.18 <http://www.aeropuertosarg.com.ar> (5/04/2013) pag. 17
Fig 4.19 <http://www.galucomunicacion.com.mx> (5/04/2013) pag. 17
Fig 4.20 <http://www.simflight.es> (5/04/2013) pag. 17
- Fig 5.1 <http://www.antidepressivo.net> (13/04/2013) pag. 19
Fig 5.2 <http://www.fotomusica.net> (13/04/2013) pag. 19
Fig 5.3 Elaboración propia pag. 19
- Fig 6.1 <http://www.cmdingenieros.com> (25/04/2013) pag. 22
Fig 6.2 <http://www.daiarchitecture.wordpress.com> (24/04/2013) pag. 22
Fig 6.3 <http://www.heptafon.blogspot.com> (24/04/2013) pag. 22
Fig 6.4 Engel, Heino, 1997 "Sistemas de estructuras", Barcelona, Gustavo Gili pag. 23
Fig 6.5 Moyá Soriano, Juan Fco., 2009 "Análisis estructural de la nueva terminal del aeropuerto de Valencia", Valencia, Valter, Valenciana de estructuras S.L. pag. 23
- Fig 7.1 <http://www.fbarquitectura.com> (17/03/2013) pag. 30
Fig 7.2 <http://www.fbarquitectura.com> (13/06/2013) pag. 30
Fig 7.3 <http://www.kalzip.com> (11/03/2013) pag. 31
Fig 7.4 <http://www.kalzip.com> (11/03/2013) pag. 31
Fig 7.5 Foto de Gonzalo Aguarón de la Cruz pag. 31
Fig 7.6 Foto de Gonzalo Aguarón de la Cruz pag. 31
Fig 7.7 <http://www.kalzip.com> (11/03/2013) pag. 31
Fig 7.8 Foto de Gonzalo Aguarón de la Cruz pag. 32
Fig 7.9 Foto de Gonzalo Aguarón de la Cruz pag. 32
Fig 7.10 Foto de Gonzalo Aguarón de la Cruz pag. 32
Fig 7.11 <http://www.fernandosaceda.com> (17/03/2013) pag. 34
Fig 7.12 <http://www.fbarquitectura.com> (1/06/2013) pag. 38
Fig 7.13 <http://www.fernandosaceda.com> (17/03/2013) pag. 38
Fig 7.14 <http://www.fernandosaceda.com> (17/03/2013) pag. 39
Fig 7.15 <http://www.fbarquitectura.com> (17/03/2013) pag. 39
Fig 7.16 <http://www.es.wikipedia.org> (28/05/2013) pag. 40
Fig 7.17 <http://www.spanish.alibaba.com> (1/06/2013) pag. 41
Fig 7.18 <http://www.fbarquitectura.com> (7/03/2013) pag. 41
- Imagen portada, elaboración propia