Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

DISEÑO DE UNA NUEVA CUBIERTA DE CABLES TENSADOS PARA EL NUEVO ESTADIO JOSÉ ZORRILLA

DESIGN OF A NEW SPOKED WHEEL ROOF FOR THE JOSÉ ZORRILLA STADIUM

Trabajo realizado por:
Carlos Delgado Cubillo

Dirigido:
Santiago Guerra Soto
María Antonia Pérez Hernando

Titulación:
Grado en Ingeniería Civil

Santander, Septiembre de 2019

TRABAJO FINAL DE GRADO

RESUMEN

El propósito de este Anteproyecto es el diseño de una nueva cubierta para el Nuevo Estadio José Zorrilla, en Valladolid. Se trata de un diseño aproximado acompañado de un predimensionamiento para conocer unos órdenes de magnitud y poder dar un presupuesto estimado.

El Nuevo Estadio José Zorrilla data del año 1982 cuando fue construido con motivo de la celebración del Mundial 82 en España del que Valladolid fue sede. No ha sufrido reformas significativas desde el cerramiento del Fondo Norte, con la adición de la tribuna y la cubierta en esa zona en 1984.

Se propone por ello una actuación a nivel global con la construcción de una nueva cubierta, ligera e innovadora, así como una actuación localizada en el Fondo Sur , cerrándolo por completo construyendo una nueva tribuna consiguiendo con ello una mejora notable en la comodidad de los aficionados al cubrir por completo las localidades del estadio y además evitar la entrada principal de viento y frío al Estadio (el Fondo Sur) . De esta forma se conseguirá un aspecto más moderno, con una estética agradable y más adaptado a los tiempos actuales.

La cubierta se basa en el principio de la rueda con radios o como está nombrado a lo largo del documento, cubierta de “rueda de bicicleta”. Recibe este nombre porque el funcionamiento es análogo al de los neumáticos del velocípedo. La cubierta estará formada por 3 principales elementos: el anillo de compresión, el anillo de tracción y los cables radiales.

El anillo de compresión, de grandes dimensiones, estará conformado por perfiles de acero huecos atornillados con tornillos de gran resistencia.

El anillo de tracción estará formado por un conjunto de cables de alta resistencia para distribuir los esfuerzos de los cables radiales, uno por alineación, que tiran del anillo de tracción hacia el exterior y comprimen a su vez al anillo de compresión exterior creando un cierto equilibrio dentro de la propia estructura. Por último, se debe cubrir el espacio existente entre los cables radiales, que se completará con la instalación de membranas de

ETFE, un copolímero muy ligero con excelentes propiedades para cubrir grandes espacios y en concreto estadios de fútbol.

El funcionamiento de la cubierta se basa, al ser una estructura de cables tensados, precisamente en eso, en que todos los cables deben permanecer en tensión (traccionados) para que trabajen en todo momento .

Se han diseñado 121 cables radiales que conectan ambos anillos, tracción y compresión, que a su vez tienen dos niveles, uno inferior y uno superior. Esta división, junto con la forma de conectar los cables: por un lado, del anillo superior de compresión al anillo inferior de tracción; por otro, en la alineación colindante, del anillo inferior de compresión al anillo superior de tracción, provoca en el ETFE una doble curvatura y un cierto canto que confiere una mayor rigidez a la estructura de cables. Además, se crea un curioso y bello efecto visual.

Por último, se ha aprovechado la estructura existente haciendo coincidir la nueva geometría en planta de la cubierta con la actual en la zona de tribunas, lo que supone un aspecto positivo ya que ahorra costes y acelera los plazos de implementación. En la zona de los fondos no era posible superponer la nueva alineación con esta configuración estructural por lo que se diseña una repetición de pilares a modo de columnata para sustentar la cubierta.

ABSTRACT

This thesis aims to propose an approximate design for the new roof of the Jose Zorrilla Stadium, located in Valladolid (Spain).

The new Jose Zorrilla Stadium was built in the context of the 1982 Football World Cup where Valladolid was one of the hosting cities . The last significant reform took place in 1984 when a new covered grandstand was added.

Against this background, this project has a global scope by including a new soft and innovative roof. It also has a special focus on the South Area, where the old open area is replaced by a new closed one (for simplicity, the design of this are just symmetrically imitates the existing one located in the North Area). The result of these reforms is a completely covered stadium that not only prevents the impact of the wind, rain and cold but also looks more modern and fancy.

The functioning of the roof is based on the so-called ´spoked wheel´ principle whose main feature is its radial structure, similar to the one of the bicycles. The roof is composed by three elements: the compression ring, the tension ring and the radial cables.

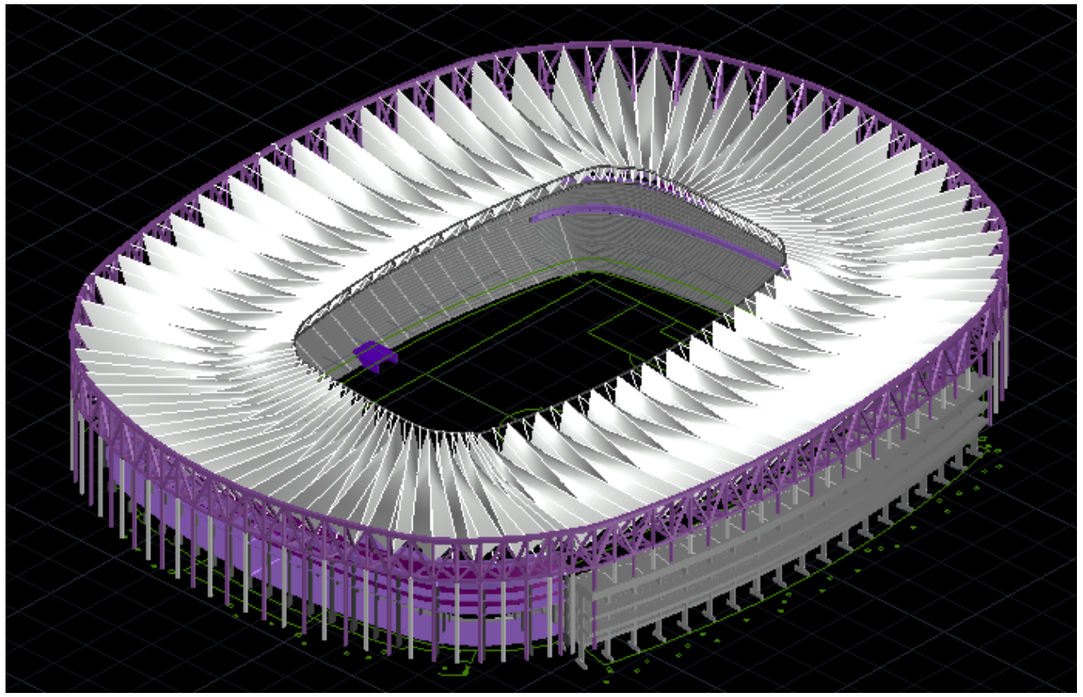
The compression ring, which has large dimension, is composed by hollow steel profiles bolted with high-resistance screws.

The tension ring is composed by a set of high-resistance cables whose goal is to share/distribute the efforts among the radial cables trough the counterbalance of the tension and compression forces, creating a sort of structural balance. Finally, the gap between each of the radial wires is filled with an EFTE membrane, a soft copolymer that has excellent characteristics to cover vast spaces, in particular football stadiums.

In a nutshell, the key aspect of the correct functioning of the roof is the cable structure which must be constantly tensioned in order for the structure to work correctly.

121 radial cables have been designed to connect both the tension and compression rings between themselves and also to their respective lower and upper levels. This division, together with the double way of connecting the wires (from the upper compression ring to the lower tensioned one and, in the adjacent alignment, from the lower compression ring to the upper tensioned ring) cause a dual-curved shape and an edge in the EFTE which in turn make the wire structure more rigid. Also, the whole structure creates a curious and beautiful visual effect.

Finally, the existing structure has been exploited by matching the new plan geometry of the new roof with the existing grandstands, which saves costs and accelerate the implementation process. However, in the South and North areas the new alignment was not compatible so that a pillar repetition functioning as a colonnade is proposed as an alternative to hold the roof.



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

ÁREA DE PROYECTOS

TIPO	**PROYECTO FIN DE GRADO** **GRADO EN INGENIERÍA CIVIL**
TÍTULO en castellano	**DISEÑO DE UNA NUEVA CUBIERTA DE CABLES TENSADOS PARA EL NUEVO ESTADIO JOSÉ ZORRILLA**
TÍTULO en inglés	**DESIGN OF A NEW SPOKED WHEEL ROOF FOR THE JOSÉ ZORRILLA STADIUM**
PROVINCIA	**VALLADOLID**
TÉRMINO MUNICIPAL	**VALLADOLID**
TOMO	**I (Y ÚNICO)**
DOCUMENTOS	**DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA** **DOCUMENTO Nº 2 PLANOS** **DOCUMENTO Nº 3 PRESUPUESTO**
GRUPO	**ESTRUCTURAS**
AUTOR	**CARLOS DELGADO CUBILLO**
PRESUPUESTO **P.B.L 44.543.842,52 €**	FECHA **SEPTIEMBRE de 2019**

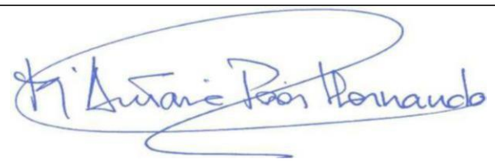
FIRMAS DEL DOCUMENTO

UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	**FECHA**	**SEPTIEMBRE 2019**	
	Área de Proyectos de Ingeniería		
	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos		
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			

FIRMA DEL ALUMNO AUTOR DEL PROYECTO

CARLOS DELGADO CUBILLO

FIRMA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO



MARÍA ANTONIA PÉREZ HERNANDO

DOCUMENTO Nº1 - MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto constructivo tiene lugar por la necesidad de realización del Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Civil por la Universidad de Cantabria en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Santander.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1. PROCESO CONSTRUCTIVO

Se detallará el proceso a seguir durante la construcción de esta nueva cubierta. Obviamente, el primer paso sería asegurar las zonas donde se van a situar las grúas y adecuarlas para soportar las cargas venideras. Seguidamente se procedería al desmontaje de las luminarias, las torres de iluminación, los paneles de la cubierta y los tirantes. A continuación, se demolerían los pilonos de hormigón, así como el tabique de última altura. En los fondos se acondicionará la zona sur mediante un desbroce y se asegurarán las zonas donde vayan a recaer los apoyos de la cubierta para excavar y colocar las cimentaciones. Una vez realizados todos estos trabajos previos de demolición y acondicionamiento, se procederá al verdadero proceso constructivo de la nueva cubierta.

- 1º Montaje de prueba: Para alcanzar la geometría correcta del anillo de compresión y acelerar la construcción, todos los segmentos deben ser montados de prueba con tres segmentos continuos sobre el suelo:
  - Montaje de un segmento soldando todos sus componentes
  - Atornillar placa final A a la placa final B del segmento ejectuado.
  - Construcción del segundo segmento adjunto al primero.
  - Repetir los dos pasos siguientes.
  - Construir el tercer segmento adjunto al segundo segmento de la misma manera que en el 2º guión.
  - Desatornillar el primer segmento e instalarlo en la cubierta.
- 2º Construcción del anillo de compresión: el peso de los segmentos individuales del anillo de compresión alcanza en este caso las 30 toneladas. Tienen que ser elevados por grúas pesadas y, por lo tanto, se debe disponer de suficiente espacio y capacidad portante del terreno alrededor del estadio durante esta fase como se ha comentado anteriormente.
- 3º Izado del anillo de tracción: Los cables radiales habrán sido colocados minuciosamente sobre las gradas en su posición final y conectados a los cables del anillo de tracción, que también se encontrarán en el suelo, en el interior del terreno de juego.
- 4º Colocación de los paneles de membrana: Una vez estén izados los anillos de tracción conectados a los cables radiales ya en tensión y comprimiendo el anillo de la celosía, se procederá a la colocación de los paneles individuales de la membrana de ETFE para su posterior tensado.

2.2. TOPOGRAFÍA

Para el diseño de la cubierta se ha utilizado principalmente una cartografía descargada del servicio de Urbanismo del Ayuntamiento de Valladolid:

- Cartografía escala 1:2000 Zona 17 en formato DWG

El sistema de referencia utilizado es ETRS89 ZONA 30 (N).

2.3. GEOLOGÍA

Como punto de partida para la redacción de este informe, se ha considerado la siguiente información:

- Mapa Geológico de España (1976). Escala 1:50.000. Hoja Nº 372, Valladolid. IGME.

- Visor IGME: Mapa Geológico Continuo (GEODE). Escala 1:50.000. Encuadrado en zona de estudio.

- Visor IGME: MAGNA. Hoja Nº372. Escala 1:50.000. Encuadrado en zona de estudio.

- Visor IGME: Mapa Geológico Continuo. Escala 1:200.000. Castilla y León.

- Mapa Geotécnico para Ordenación Territorial y Urbana de Valladolid. Escala 1:5.000. Área de Huerta del Rey.

2.4. SISMICIDAD

En cumplimiento de lo descrito en la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación (NCSE02), no será necesario considerar acciones sísmicas de ningún tipo para el diseño y construcción de la obra del presente proyecto

2.5. CLIMATOLOGÍA

El clima de Valladolid está definido como Mediterráneo Continentalizado, un clima caracterizado por inviernos largos y fríos, veranos cortos y cálidos y grandes contrastes entre temperaturas de día y de noche. Se suele dar en ciudades con clima mediterráneo seco alejadas del mar. Exactamente esta definición la cumple la ciudad de Valladolid.

En Valladolid particularmente se dan bastantes días de niebla y de heladas a tener en cuenta para la construcción de la cubierta.

2.6. FOTOGRÁFICO

En el *Anejo 6 – Fotográfico* se exponen fotografías del estado actual del estadio.

2.7. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El proyecto de Diseño de una Nueva Cubierta se desarrolla en el Nuevo Estadio José Zorrilla, situado al oeste de la ciudad, entre el barrio de Parquesol y el Cerro de Las Contiendas. Aunque a las afueras, la parcela al completo pertenece al término municipal de Valladolid.

2.8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el *Anejo 8 – Estudio de Alternativas* se exponen las alternativas descartadas para la renovación de la cubierta, así como la finalmente seleccionada.

2.9. ACCESIBILIDAD

El Estadio se encuentra a las afueras de la ciudad, quizá demasiado lejos lo que repercute en la afluencia de pública y en el ambiente los días de partido puesto que no hay apenas vida alrededor del Estadio, excepto por el reciente Centro Cultural Miguel Delibes y el Centro Comercial Carrefour.

2.10. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Este anejo sirve de explicación para la solución adoptada tras realizarse el análisis de alternativas. El contenido versará, en líneas generales, sobre la configuración estructural atípica elegida y el material de cubrición.

Funcionamiento: cubierta de rueda de bicicleta con cables tensados.

2.11. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

El objetivo de este anejo es realizar un dimensionamiento general de la estructura, justificándolo con cálculos sencillos y sin llegar a profundizar en el cálculo completo de la estructura, tarea a realizar durante la fase de proyecto habiendo definido bien todos los componentes de la estructura. En concreto se van a calcular: las membranas de ETFE, los cables del ETFE, los cables radiales, los cables del anillo de tracción , la celosía del anillo de compresión y los apoyos.

Los cálculos realizados en el presente anejo se han hecho de manera conforme a los siguientes documentos:

• CTE - Documento Básico SE-AE (Seguridad Estructural - Acciones en la edificación).

- CTE - Documento Básico SE-A (Seguridad estructural – Acero).
- CTE - Documento Básico SE-C (Seguridad estructural – Cimientos).
- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).
- Guía para diseño de Estructuras Tensadas Tensinet.
- Eurocódigo (estándares EN 1990 – EN 1999)

2.12. IMPACTO AMBIENTAL

La finalidad de este anejo es contabilizar las acciones potencialmente peligrosas para el medio ambiente relacionadas con la construcción de la cubierta y dar una serie de medidas correctoras o preventivas para minimizar la afección al medio ambiente.

La mayoría de las medidas son de carácter correctivo y vienen marcadas por una DIA (Declaración de Impacto Ambiental) que fue emitida por el Ayuntamiento de Valladolid con motivo de una posible remodelación del Estadio.

3. PLANOS

En el *Documento Nº2 – Planos* de este proyecto se recogen todos los planos que definen las obras contenidas en el proyecto.

4. PRESUPUESTO

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material de la obra a la cantidad de 30.935.372,26€.

Aplicando los porcentajes de Gastos Generales (13%), Beneficio Industrial (6%) y aplicando el valor del Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA 21%), se obtiene un Presupuesto Base de Licitación de 44.543.842,52€.

5. DOCUMENTOS QUE CONSTA EL PROYECTO

- **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS**
  - MEMORIA
  - ANEJOS A LA MEMORIA
    - Anejo nº1: Antecedentes.
    - Anejo nº2: Topografía.
    - Anejo nº3: Geología.
    - Anejo nº4: Sismicidad.
    - Anejo nº5: Climatología.
    - Anejo nº6: Información fotográfica.
    - Anejo nº7: Emplazamiento del proyecto.
    - Anejo nº8: Estudio de alternativas.
    - Anejo nº9: Accesibilidad.
    - Anejo nº10: Desarrollo de la solución.
    - Anejo nº11: Predimensionamiento de la estructura.
    - Anejo nº12: Impacto ambiental.

- **DOCUMENTO Nº2: PLANOS**

0. Plano de ubicación 1
0. Plano de ubicación 2
0. Plano de ubicación 3
1. Perspectiva actual
2. Planta situación actual
3. Alzado W-E
4. Alzado N-S
5. Sección detalle W-E
6. Sección detalle W-E acotada
7. Sección detalle N-S acotada
8. Resumen Situación reformada
9. Planta situación reformada
10. Sección W-E reformada
11. Sección N-S reformada
12. Sección N-S reformada corte
13. Alzado W-E reformada
14. Alzado N-S reformado
15. Comparación sección W-E
16. Comparación sección W-E corte
17. Comparación sección N-S
18. Comparación sección N-S corte
19. Comparación plantas
20. Perspectiva Reformada
21. Detalle unión pilar-cimentación

- **DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO**
  - Mediciones por capítulos.
  - Resumen de Presupuesto.

6. CONCLUSIÓN

Por lo expuesto en la presente memoria, planos y presupuesto, se considera suficientemente justificado el presente proyecto de construcción “Diseño de una nueva cubierta de cables tensados para el nuevo estadio José Zorrilla”.

Santander, septiembre de 2019

Fdo.: Carlos Delgado Cubillo

ANEJO Nº1 – ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

1. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

1.1. ANTECEDENTES

Los antecedentes al presente proyecto de construcción son:

- Proyecto de Construcción del Nuevo Estadio José Zorrilla (1980) a cargo de la empresa EUROESTUDIOS S.A . Construyó LAING S.A, conocida como Laín S.A y que desde 1999 forma parte del grupo OHL.
- Cierre del Fondo Norte del Nuevo Estadio Municipal (1986). A cargo de los arquitectos Daniel Villalobos y José M Villagra.
- Proyecto Básico de Ampliación de gradas, Cerramiento y Cubrición del Fondo Sur del Estadio José Zorrilla (1999). A cargo de los arquitectos Bentabol y Rodrigo.

Recientemente, con la compra del club por parte del exfutbolista Ronaldo Nazario, se han dado pistas sobre una posible actuación a corto plazo. De hecho, se ha llevado a cabo la eliminación del tradicional foso que separaba la grada del terreno de juego, descendiendo su cota alrededor de 1 m para permitir la visibilidad de las 3 nuevas filas que se han añadido. También se han reformado los banquillos, adosándolos a la grada al estilo inglés, se han pintado las celosías de las cubiertas existentes y se han sustituido algunas luminarias.

1.2. HISTORIA

El estadio José Zorrilla se inauguró en Abril de 1982 con motivo de la cercana celebración del Mundial 82 en España, de la que Valladolid fue sede. Se trasladó de esta forma la casa del club desde el Antiguo José Zorrilla situado en el paseo del mismo nombre hasta las afueras de la ciudad, previendo un crecimiento futuro de la población. Cuando se construyó constaba de 2 grandes tribunas (de dos alturas cada una y con cubierta para los asientos de tribuna) y 2 fondos de una sola altura sin cerramiento alguno. Alcanzó un aforo de más de 31.000 personas, aunque no todas sentadas. Después de la disputa de una final de Copa del Rey en 1982, entre el Real Madrid y el Sporting de Gijón se le apodó como "Estadio de la Pulmonía" debido a una muy baja sensación térmica sufrida por la prensa de la capital de España provocada por una gran corriente de viento que atravesaba ambos fondos y acentuada por el clima frío y seco de Valladolid.

Básicamente por razones como las bajas temperaturas, el viento y por dar cabida a una serie de palcos VIP, se construyó el cerramiento del fondo Norte (del cual se llegó a desprender parte de la cubierta en fase de construcción) que consta de un segundo anfiteatro con un número reducido de filas de asientos, 3 pisos de palcos privados para uso de empresas y particulares y una cubierta insuficiente para la mayoría de los aficionados del Fondo Norte.

Vista Estadio 1982

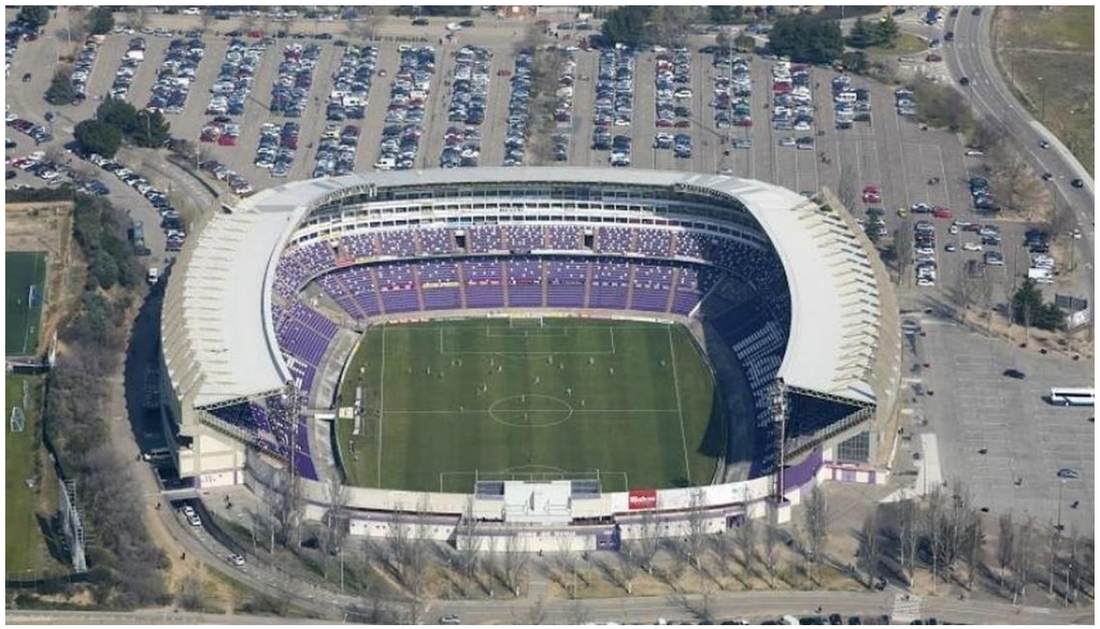
1.3. PROPÓSITO DEL PROYECTO

El proyecto a continuación es un Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos, supervisado por Santiago Guerra (de la empresa Arenas y Asociados) y dirigido por María Antonia Ruiz y Javier Torres (profesores de la Escuela).

Desde este punto se comunica que al ser un trabajo de carácter académico y perteneciente al Grado en Ingeniería Civil no se alcanzarán grandes niveles de detalle en el cálculo de la cubierta.

El propósito del proyecto es dar respuesta a uno de los problemas que, considero, existe actualmente en el Estadio José Zorrilla. La actual cubierta de ambas tribunas principales y del fondo norte no es suficiente para proteger a la mayoría de los aficionados de la lluvia y el frío. Además, el fondo sur ni siquiera consta de una cubierta y es un foco de entrada de viento y frío al estadio por lo que mi idea es proponer una nueva cubierta completa para el estadio apoyada en un nuevo cerramiento en el Fondo Sur que constituiría una ampliación de la grada, aunque quiero dejar claro que ésta juega un papel secundario en mi proyecto, el cual se centrará en el **cálculo de la nueva cubierta**.

Creo que con estas actuaciones se conseguiría un mayor nivel de confort de los aficionados, con una reducción del área afectada por la lluvia y de entrada de viento enorme, que animaría a los indecisos a subir al Estadio, aumentando así el ambiente en los partidos (con un estadio cerrado en sus 4 lados) y repercutiendo gratamente a las arcas del Club. Asimismo, la masa social del Club está en constante crecimiento y el estadio puede llegar a quedarse pequeño en grandes citas por lo que la nueva grada, de obligatoria existencia para el apoyo de la nueva cubierta , satisfaría ambas necesidades tanto de aforo como de apoyo.



Vista Estadio Actual

ANEJO Nº2 – CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo consiste en exponer las diferentes fuentes cartográficas consultadas.

Dado que el presente trabajo es un Anteproyecto y no un proyecto de construcción al uso, no se detallarán levantamientos topográficos, situación de las bases para el replanteo ni el posterior replanteo para la colocación de la nueva cubierta.

2. CARTOGRAFÍA

Para el diseño de la cubierta se ha utilizado principalmente una cartografía descargada del servicio de Urbanismo del Ayuntamiento de Valladolid:

- Cartografía escala 1:2000 Zona 17 en formato DWG

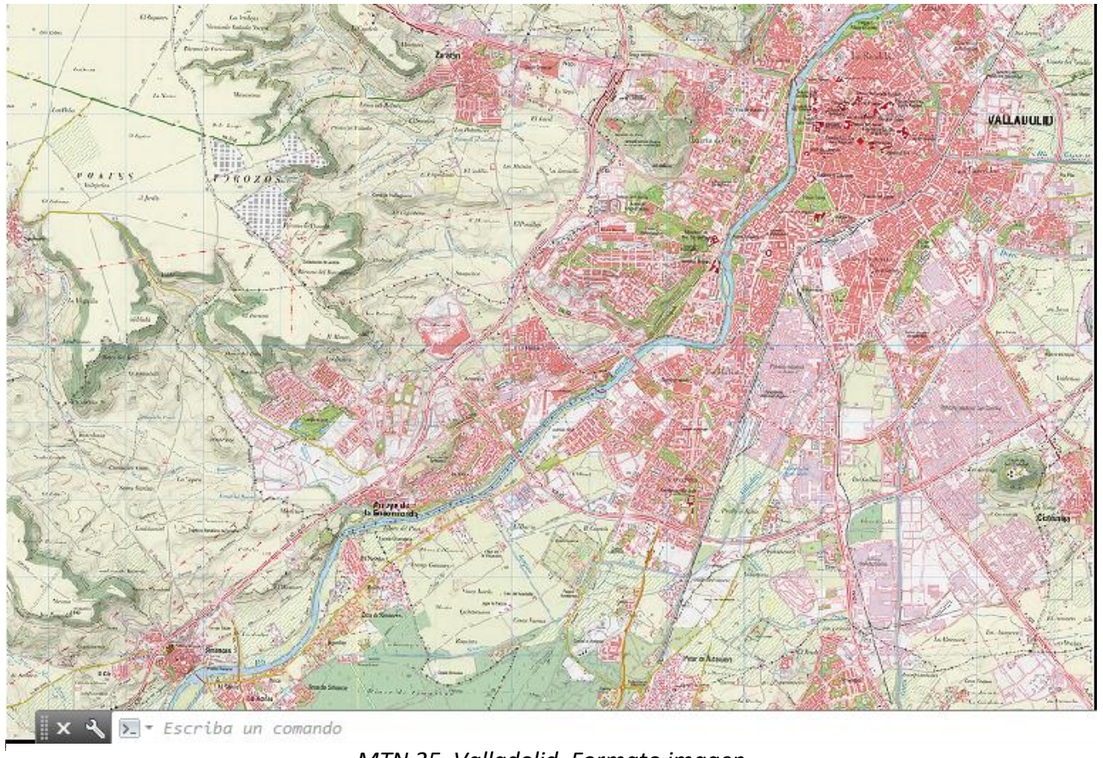
El sistema de referencia utilizado es ETRS89 ZONA 30 (N).

Se han utilizado otras fuentes topográficas, pero solamente para conformar los planos de situación, como, por ejemplo:

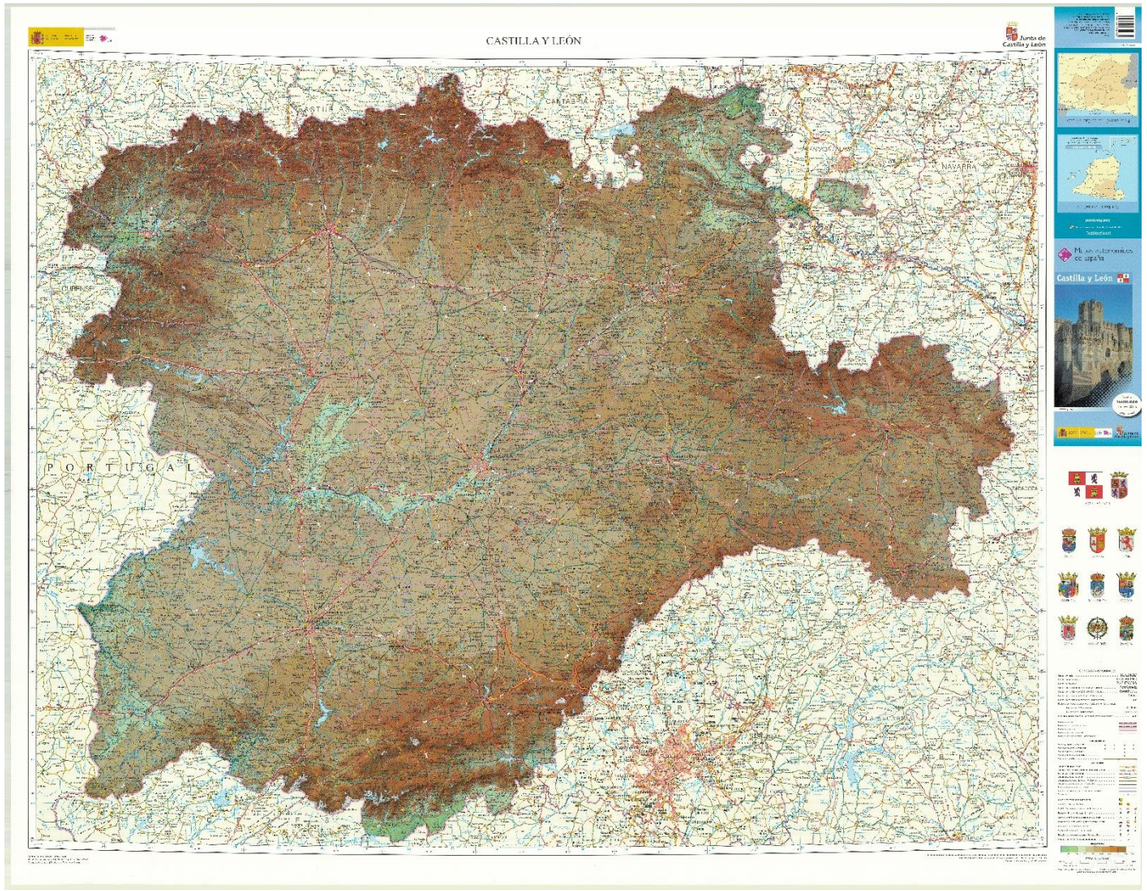
- Mapa Topográfico Nacional 1:25.000. Hoja 372- 1. Valladolid
- Mapa Castilla y León 1:400.000
- Mapa España 1:500.000.

Para algunas aclaraciones y explicaciones donde no se necesitan las dimensiones exactas se ha utilizado también Google Maps. Para ciertas aproximaciones en superficies se ha utilizado Google Earth y su herramienta de medición de áreas.

Cartografía Zona 17 de Valladolid (Escala 1:2000)



MTN 25. Valladolid. Formato imagen



Mapa Castilla y León. 1:400.000

Mapa España 1:500.000

ANEJO Nº3 – GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente apartado queda reflejado el Estudio Geológico del Proyecto de Construcción y cierta información Geotécnica a la que se ha tenido alcance siendo este un Proyecto de índole universitaria.

Partiendo de la información recopilada y de los trabajos realizados, se describe la geología de la zona, analizando con detalle los aspectos litológicos, tectónicos, geomorfológicos e hidrogeológicos.

2. INFORMACIÓN UTILIZADA

Como punto de partida para la redacción de este informe, se ha considerado la siguiente información:

- Mapa Geológico de España (1976). Escala 1:50.000. Hoja Nº 372, Valladolid. IGME.

- Visor IGME: Mapa Geológico Continuo (GEODE). Escala 1:50.000. Encuadrado en zona de estudio.

- Visor IGME: MAGNA. Hoja Nº372. Escala 1:50.000. Encuadrado en zona de estudio.

- Visor IGME: Mapa Geológico Continuo. Escala 1:200.000. Castilla y León.

- Mapa Geotécnico para Ordenación Territorial y Urbana de Valladolid. Escala 1:5.000. Área de Huerta del Rey.

3. ALCANCE Y OBJETO DE ESTUDIO

Se concreta en los puntos siguientes:

- Conocimiento del marco geológico del proyecto.

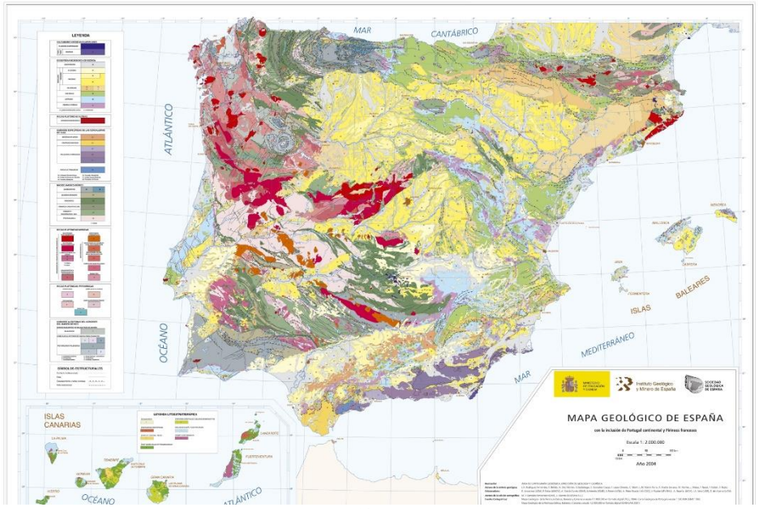
- Conocimiento de los depósitos de suelos existentes en el trazado: espesores, naturaleza, propiedades resistentes y de deformación.

- Conocimiento del substrato rocoso: naturaleza y características

En la zona de ejecución del proyecto, el Estadio, se produjo un vaciado del terreno y un posterior relleno como así refleja el mapa descargado, con lo cual he tomado como referencia la capa limítrofe sobre la que estará asentado.

4. MARCO GEOLÓGICO GENERAL

La zona objeto de estudio se enmarca en la Hoja de Valladolid del Mapa Geológico de España. Esta zona pertenece a la parte central de la Cuenca cenozoica del Duero. Como se aprecia en el mapa escala 1:200.000, Castilla y León en su vasta mayoría está compuesta por calizas y aluviones de los valles del Pisuerga y el Duero. Es una comunidad delimitada por grandes cadenas montañosas que encierran una gran meseta, constituida por sedimentos acumulados tras la erosión de las cordilleras limítrofes anteriormente nombradas, con grandes llanuras surcadas por los valles de los ríos en su interior. Valladolid, concretamente se sitúa en una planicie creada por el Valle del Pisuerga, al sur de los Torozos y bajo el Cerro de San Cristóbal, el de Contiendas y el antiguo cerro de La Gallinera, actual Parquesol. Es una cuenca terciaria puesto que la edad de los materiales es de entre 65 y 2 millones de años. Siguiendo los mapas a gran escala, la geología de la zona se basa en margas arcillosas y calizas.



Mapa Geológico 1:200.000

Para la estratigrafía de la zona, nos basaremos en un estudio general de la provincia de Valladolid. Los materiales comprenden una antigüedad desde el Mioceno del Terciario , pasando por el Plioceno y llegando hasta el Pleistoceno del Cuaternario. A continuación se detalla un poco los materiales que se encuentran de cada periodo: Terciario y Cuaternario.

5. ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA

5.1. TERCIARIO

Los sedimentos más antiguos (correspondientes al final del Paleógeno) se localizan en el ángulo suroccidental de la provincia y están formados por conglomerados, arenas y arcillas apoyándose sobre ellos conglomerados rojos y areniscas arcósicas conocidos por Series Rojas y pertenecientes al Mioceno inferior. En ambos casos se originaron por corrientes fluviales de elevada energía, pero con periodos de estiaje. Solapando a estos sedimentos se encuentran materiales del Mioceno inferiormedio, constituidos por arenas, gravas, arcosas y arcillas verdes cuya sedimentación se produjo en corrientes fluviales. Aparecen en el sur y centro de la provincia y adquieren denominaciones locales dependiendo de sus características particulares: Facies Villalba de Adaja, Facies Pedraja de Portillo. Estos sistemas fluviales transportaban sedimentos hacia el norte y noreste procedentes de áreas graníticas y alimentaban un sistema lacustre cuyo registro actual son las margas y arcillas de la Facies Dueñas.

En el Mioceno superior hay una reactivación de los sistemas fluviales, sepultando el anterior sistema lacustre. En esta época y en el Plioceno, la acumulación de sedimentos dio lugar una sucesión y alternancia de estratos de extraordinaria continuidad lateral que se sintetizan en tres grandes unidades que se corresponden con los tres horizontes litológicos que se distinguen en la meseta:

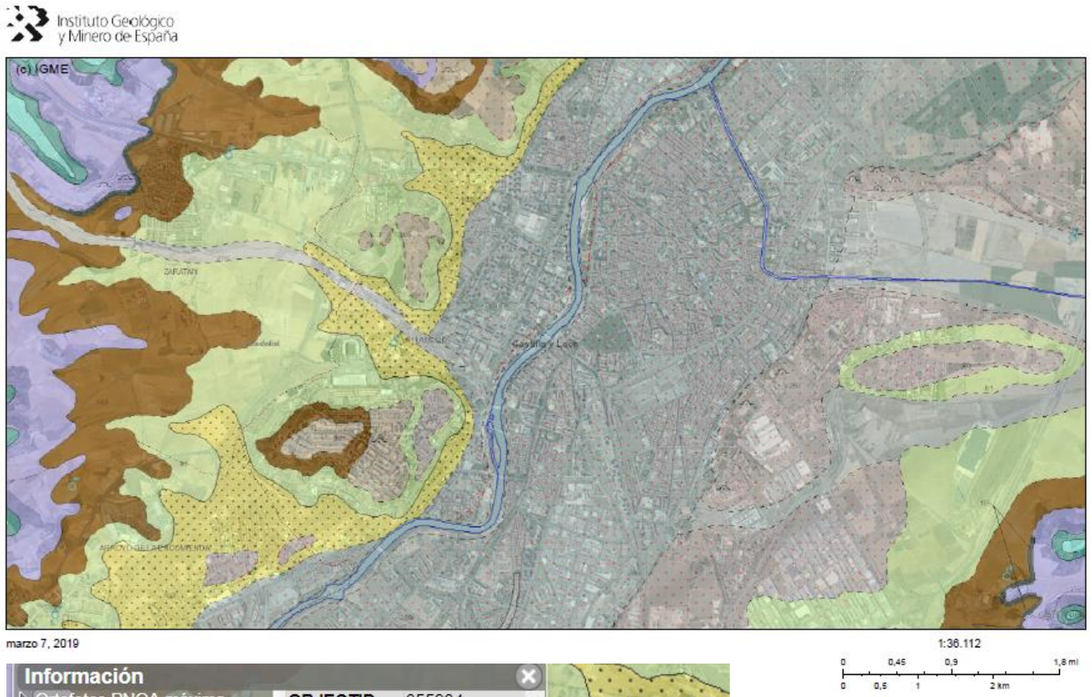
- Facies de Tierra de Campos
- Facies de las Cuestas
- Calizas de los Páramos

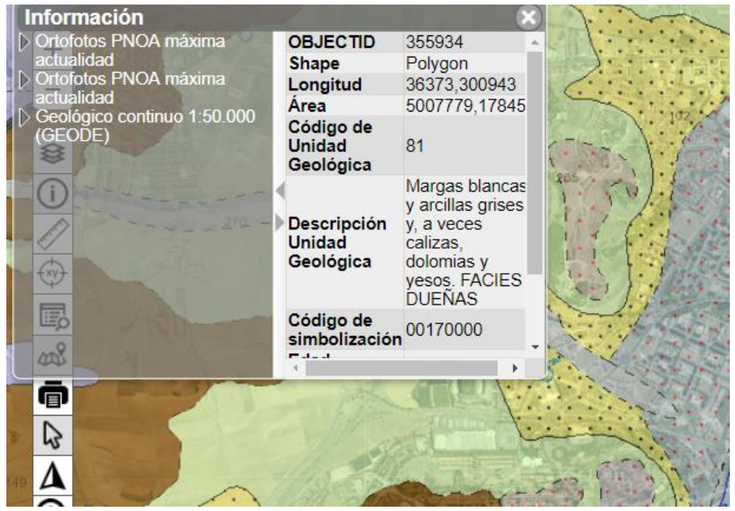
5.2. CUATERNARIO

El registro geológico del Cuaternario en la provincia de Valladolid está representado por sedimentos escasamente cementados que recubren los materiales terciarios y por valles fluviales. Caben destacar los siguientes materiales y elementos geomorfológicos:

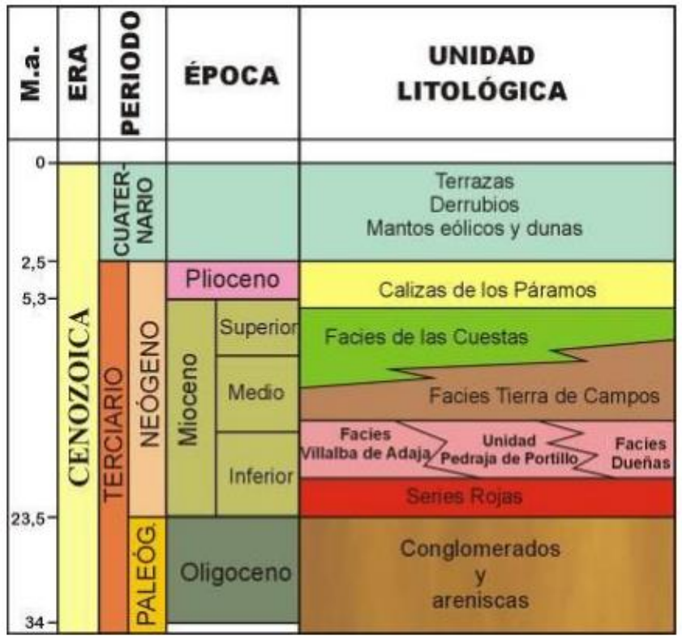
- Terrazas fluviales: Son sedimentos fluviales residuales y que están topográficamente por encima del nivel actual del río. Están constituidos por cantos y gravas de cuarcita en una matriz limo-arenosa.
- Depósitos de vertientes y coluviones: Tapizan las cuestas, enlazando con la campiña y están constituidas por cantos angulosos de caliza, yesos y matriz margo-arcillosa. Dentro de este grupo de materiales se incluyen los deslizamientos producidos principalmente en la Facies Tierra de Campos o en la Facies de las Cuestas debido a la plasticidad y escasa compacidad de los materiales y a la elevada pendiente del relieve.
- Fondos de valle y charcas: Se forman en las llanuras de inundación de los ríos, meandros abandonados o en zonas de confluencia de varios cursos de agua donde la pendiente es muy baja y existe una tendencia al endorreísmo (acumulación de agua en un área cerrada). Aquí se incluirían la mayor parte de los humedales de la provincia.
- Mantos eólicos: Son arenas feldespáticas y cuarzosas y muy bien clasificadas granulométricamente. Se relacionan con la acción del viento originando extensos campos de dunas en la parte sur y sureste de la provincia que actualmente están colonizados por pinares. Se diferencias los campos de dunas que ocupan valles fluviales (Tudela de Duero, Traspinedo, Aldeamayor de San Martín, Portillo, Viana de Cega…) y los que recubren los páramos y parte de las cuestas.
- Plataformas estructurales: Hay definidas infinidad de ellas generadas por procesos erosivos, climáticos o edafológicos. Destaca la superficie de los Páramos (con distintos niveles) y está relacionada con fases de colmatación y arrasamiento en la Cuenca del Duero.
- Karstificación y paleosuelos: La caliza de los Páramos sufre un proceso de karstificación (disolución de la caliza) cuyo resultado es, a pequeña escala, el aspecto oqueroso de la roca,

acompañado de arcillas rojas, y, a gran escala, la formación de dolinas (depresiones de escasa profundidad y diámetro de centenares de metros) en la parte superior de los páramos y cerros. Por otro lado, otras unidades sufren procesos edáficos condicionados por el clima, la litología y las condiciones locales que suelen originar cementaciones de carbonato, enrojecimiento de los suelos, transformación mineralógica o destrucción general de la roca.

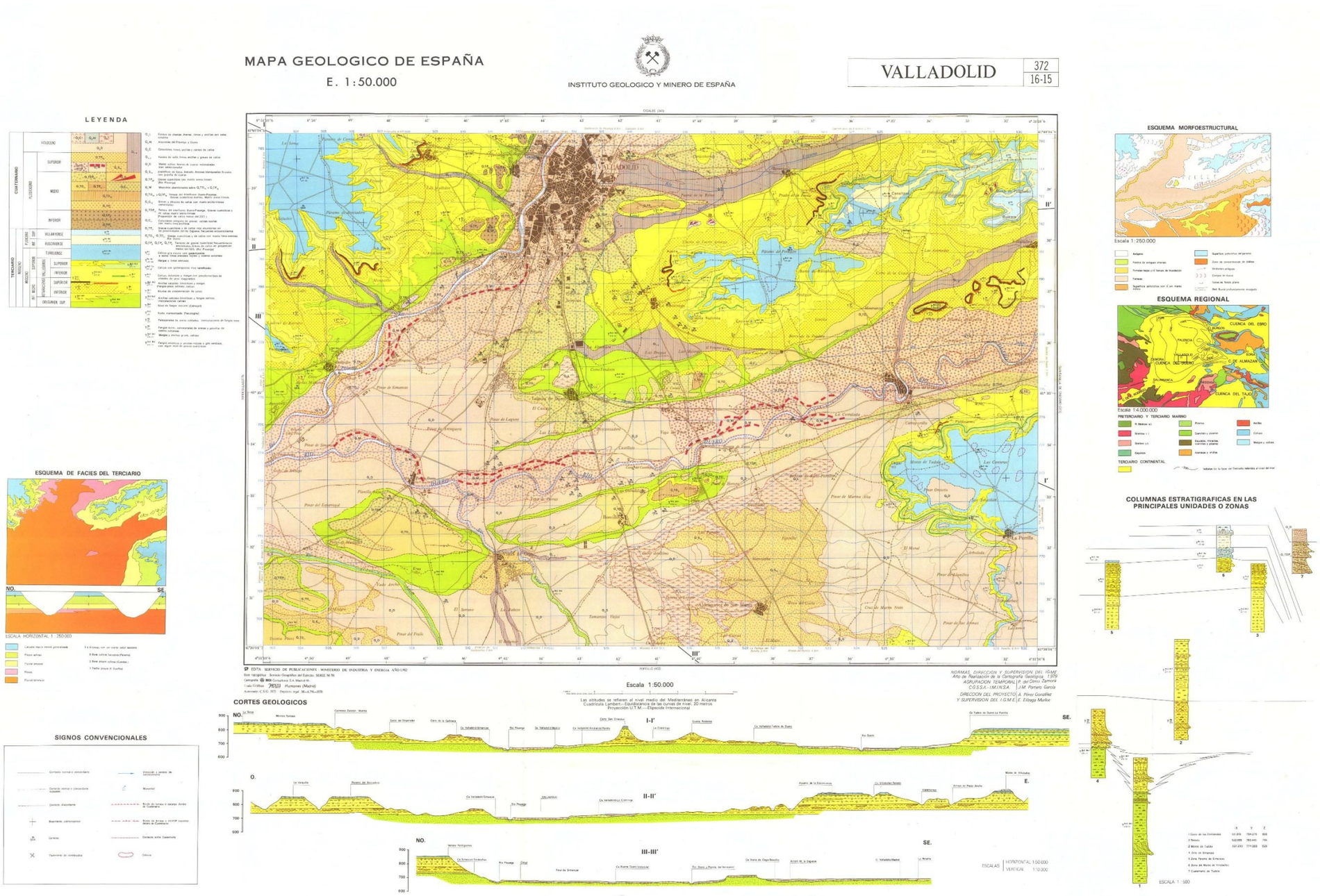




Visor IGME. Mapa Geológico Continuo. Escala 1:50.000



Columna geológica Valladolid



Mapa Geológico 1:50.000

6. GEOTECNIA

El estadio José Zorrilla se encuentra señalado en este mapa especialmente por la leyenda V_2 , que dicta: " Rellenos en la zona del Nuevo Estadio. No se analizan los diversos factores". Para tener una referencia he elegido el material que rodea la zona del Estadio que está identificado como I_{5a} se sabe que:

Leyenda: Amarilla → Menores restricciones geológicas a la construcción.

No se aprecian Riesgos geológicos naturales.

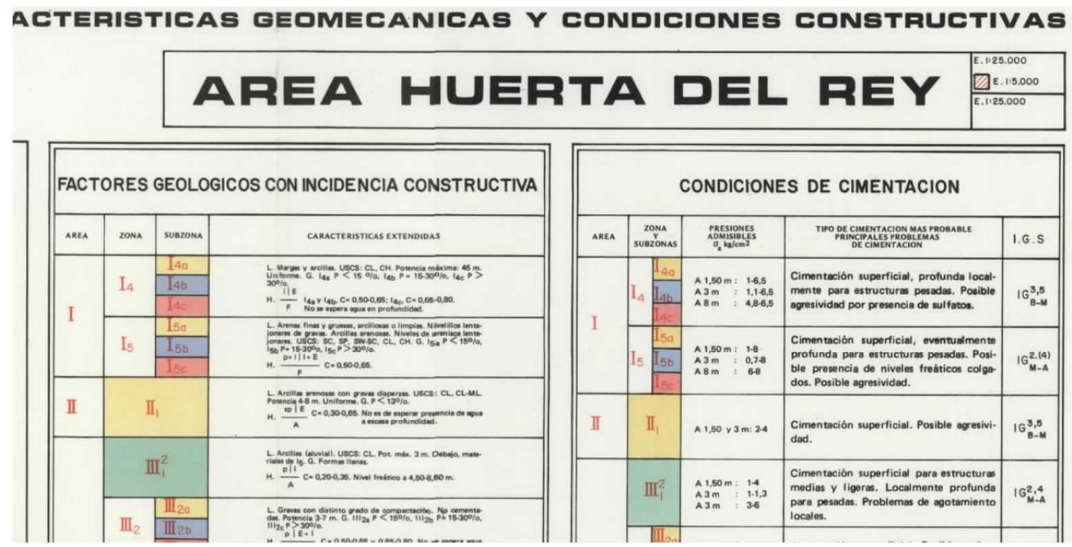
Factores geológicos: Arenas finas y gruesas, arcillosas o limpias. Niveles lentejonares de grava y arenisca. Coeficiente de escorrentía: 0,5 – 0,65. USCS: SC, SP, SW-SC, CL, CH, G. Pendiente: <15 %.

Condiciones de cimentación: Cimentación superficial, eventualmente profunda para estructuras pesadas. Posible existencia de niveles freáticos colgados. Posible agresividad.

Presiones admisibles: A 1,5-3m → 1-8 kg/cm^2 A 3m → 0,7-8 kg/cm^2 A 8m → 6-8 kg/cm^2.

En el proyecto existente, las tribunas están cimentadas sobre zapatas superficiales. Las nuevas solicitaciones de la tribuna del Fondo Sur serán similares a las del Fondo Norte existente, también cimentado superficialmente, y las nuevas cargas de la cubierta serán menores que las existentes en las tribunas actuales, luego no se modificarán las zapatas de las tribunas. En caso de superarse esas cargas, se necesitarían refuerzos en los pilares y las cimentaciones. Por lo tanto, se concluye que bastará con cimentaciones superficiales para los pilares de los fondos y por ende no habrá que realizar ningún tipo de cimentaciones profundas para las cargas de proyecto.

A continuación, se adjuntan detalles geotécnicos del área del estadio.



ACTERISTICAS GEOMECANICAS Y CONDICIONES CONSTRUCTIVAS

AREA HUERTA DEL REY

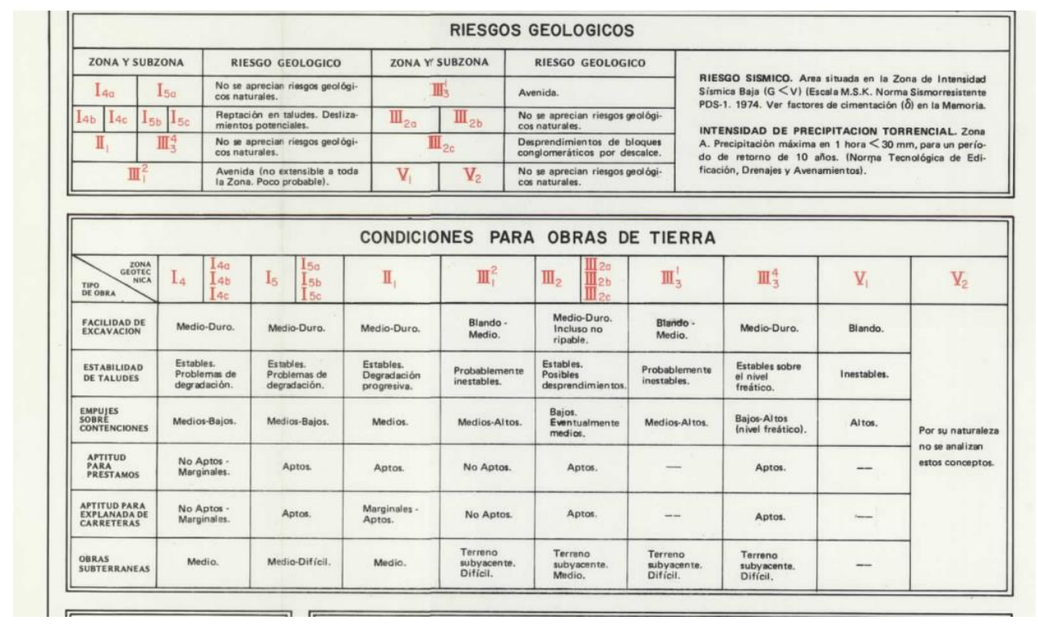
E. 1:25.000 / E. 1:5.000 / E. 1:25.000

FACTORES GEOLOGICOS CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA

AREA	ZONA	SUBZONA	CARACTERISTICAS EXTENDIDAS
I	I_4	I_{4a} I_{4b} I_{4c}	L. Margas y arcillas. USCS: CL, CH. Potencia máxima: 45 m. Uniforme. G. I_{4a} P < 15 %, I_{4b} P = 15-30%, I_{4c} P > 30%. H. $\frac{II E}{F}$ I_{4a} y I_{4b}, C= 0,50-0,65; I_{4c}, C= 0,65-0,80. No se espera agua en profundidad.
	I_5	I_{5a} I_{5b} I_{5c}	L. Arenas finas y gruesas, arcillosas o limpias. Nivelillos lentejonares de gravas. Arcillas arenosas. Niveles de arenisca lentejonares. USCS: SC, SP, SW-SC, CL, CH. G. I_{5a} P < 15%, I_{5b} P= 15-30%, I_{5c} P > 30%. H. $\frac{p+III+E}{F}$ C= 0,50-0,65.
II		II_1	L. Arcillas arenosas con gravas dispersas. USCS: CL, CL-ML. Potencia 4-8 m. Uniforme. G. P < 12%. H. $\frac{IIp I E}{A}$ C= 0,30-0,65. No es de esperar presencia de agua a excesa profundidad.
III		III_1^2	L. Arcillas (aluvial). USCS: CL. Pot. máx. 3 m. Debajo, materiales de Ig. G. Formas llanas. H. $\frac{p I I}{A}$ C= 0,20-0,35. Nivel freático a 4,50-8,50 m.
	III_2	III_{2a} III_{2b}	L. Gravas con distinto grado de compactación. No cementadas. Potencia 3-7 m. G. III_{2a} P < 15%, III_{2b} P= 15-30%, III_{2c} P > 30%. H. $\frac{p I E+I}{A}$ C= 0,50-0,65 a 0,65-0,80. No se espera agua

CONDICIONES DE CIMENTACION

AREA	ZONA Y SUBZONAS	PRESIONES ADMISIBLES σ_a kg/cm^2	TIPO DE CIMENTACION MAS PROBABLE PRINCIPALES PROBLEMAS DE CIMENTACION	I.G.S
I	I_4 I_{4a} I_{4b} I_{4c}	A 1,50 m : 1-6,5 A 3 m : 1,1-6,5 A 8 m : 4,8-6,5	Cimentación superficial, profunda localmente para estructuras pesadas. Posible agresividad por presencia de sulfatos.	$IG^{3,5}_{B-M}$
	I_5 I_{5a} I_{5b} I_{5c}	A 1,50 m : 1-8 A 3 m : 0,7-8 A 8 m : 6-8	Cimentación superficial, eventualmente profunda para estructuras pesadas. Posible presencia de niveles freáticos colgados. Posible agresividad.	$IG^{2,(4)}_{M-A}$
II	II_1	A 1,50 y 3 m: 2-4	Cimentación superficial. Posible agresividad.	$IG^{3,5}_{B-M}$
	III_1^2	A 1,50 m : 1-4 A 3 m : 1-1,3 A 3 m : 3-6	Cimentación superficial para estructuras medias y ligeras. Localmente profunda para pesadas. Problemas de agotamiento locales.	$IG^{2,4}_{M-A}$
	III_{2a}			



RIESGOS GEOLOGICOS

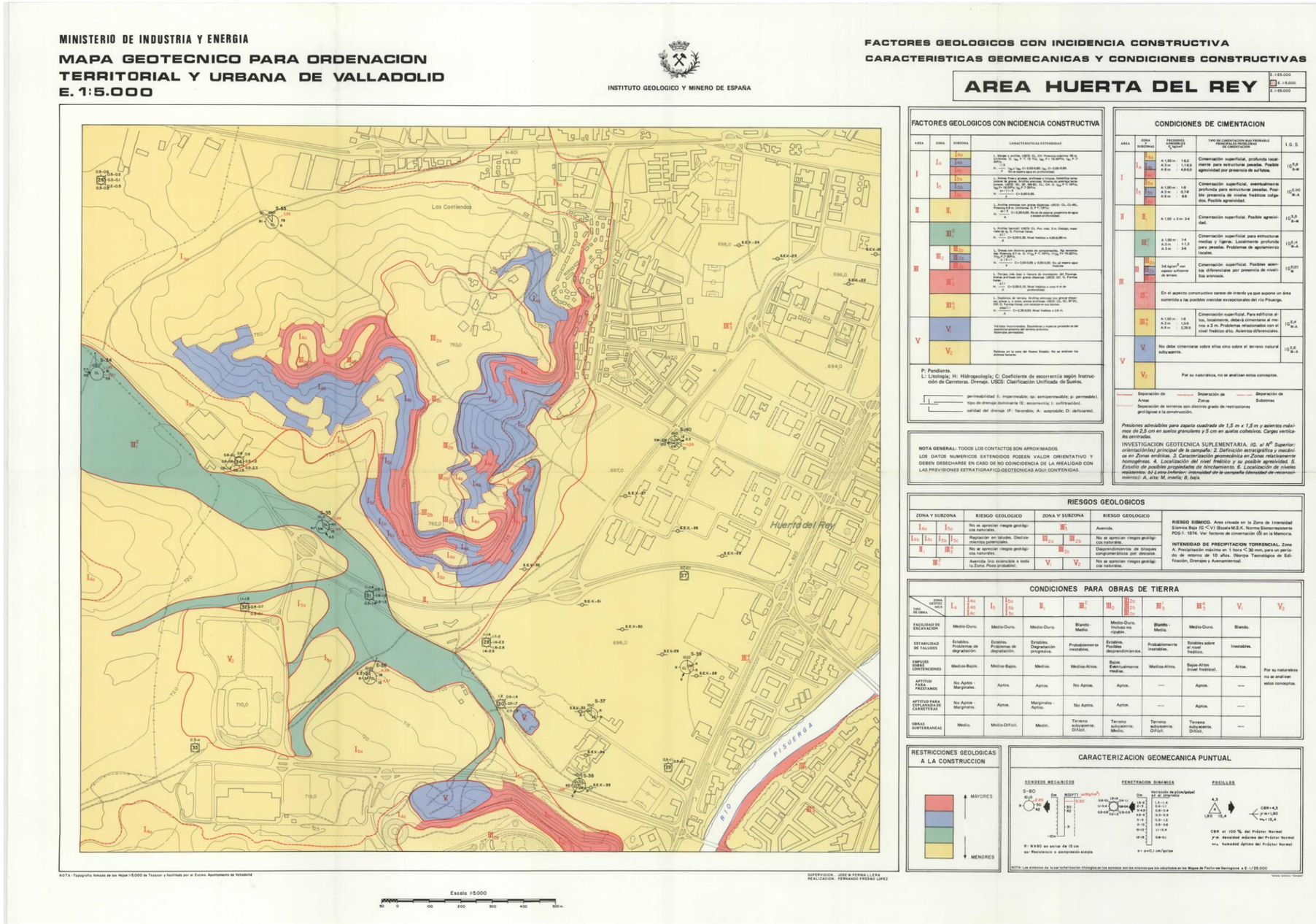
ZONA Y SUBZONA	RIESGO GEOLOGICO	ZONA Y SUBZONA	RIESGO GEOLOGICO
I_{4a} I_{5a}	No se aprecian riesgos geológicos naturales.	III_3^1	Avenida.
I_{4b} I_{4c} I_{5b} I_{5c}	Reptación en taludes. Deslizamientos potenciales.	III_{2a} III_{2b}	No se aprecian riesgos geológicos naturales.
II_1 III_3^4	No se aprecian riesgos geológicos naturales.	III_{2c}	Desprendimientos de bloques conglomeráticos por descalce.
III_1^2	Avenida (no extensible a toda la Zona. Poco probable).	V_1 V_2	No se aprecian riesgos geológicos naturales.

RIESGO SISMICO. Area situada en la Zona de Intensidad Sísmica Baja (G < V) (Escala M.S.K. Norma Sismorresistente PDS-1. 1974. Ver factores de cimentación (δi) en la Memoria.

INTENSIDAD DE PRECIPITACION TORRENCIAL. Zona A. Precipitación máxima en 1 hora < 30 mm, para un período de retorno de 10 años. (Norma Tecnológica de Edificación, Drenajes y Avenamientos).

CONDICIONES PARA OBRAS DE TIERRA

TIPO DE OBRA / ZONA GEOTECNICA	I_4 I_{4a} I_{4b} I_{4c}	I_5 I_{5a} I_{5b} I_{5c}	II_1	III_1^2	III_2 III_{2a} III_{2b} III_{2c}	III_3^1	III_3^4	V_1	V_2
FACILIDAD DE EXCAVACION	Medio-Duro.	Medio-Duro.	Medio-Duro.	Blando - Medio.	Medio-Duro. Incluso no rípable.	Blando - Medio.	Medio-Duro.	Blando.	Por su naturaleza no se analizan estos conceptos.
ESTABILIDAD DE TALUDES	Estables. Problemas de degradación.	Estables. Problemas de degradación.	Estables. Degradación progresiva.	Probablemente inestables.	Estables. Posibles desprendimientos.	Probablemente inestables.	Estables sobre el nivel freático.	Inestables.	
EMPUJES SOBRE CONTENCIONES	Medios-Bajos.	Medios-Bajos.	Medios.	Medios-Altos.	Bajos. Eventualmente medios.	Medios-Altos.	Bajos-Altos (nivel freático).	Altos.	
APTITUD PARA PRESTAMOS	No Aptos - Marginales.	Aptos.	Aptos.	No Aptos.	Aptos.	—	Aptos.	—	
APTITUD PARA EXPLANADA DE CARRETERAS	No Aptos - Marginales.	Aptos.	Marginales - Aptos.	No Aptos.	Aptos.	—	Aptos.	—	
OBRAS SUBTERRANEAS	Medio.	Medio-Difícil.	Medio.	Terreno subyacente. Difícil.	Terreno subyacente. Medio.	Terreno subyacente. Difícil.	Terreno subyacente. Difícil.	—	


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
MAPA GEOTECNICO PARA ORDENACION TERRITORIAL Y URBANA DE VALLADOLID
E. 1:5.000
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
FACTORES GEOLOGICOS CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA
CARACTERISTICAS GEOMECANICAS Y CONDICIONES CONSTRUCTIVAS
AREA HUERTA DEL REY
E.1:5.000
E.1:25.000
Los Contiendas
Huerta del Rey
RIO PISUERGA
FACTORES GEOLOGICOS CON INCIDENCIA CONSTRUCTIVA
CONDICIONES DE CIMENTACION
NOTA GENERAL: TODOS LOS CONTACTOS SON APROXIMADOS.
LOS DATOS NUMERICOS EXTENDIDOS POSEEN VALOR ORIENTATIVO Y DEBEN DESECHARSE EN CASO DE NO COINCIDENCIA DE LA REALIDAD CON LAS PREVISIONES ESTRATIGRAFICO-GEOTECNICAS AQUI CONTENIDAS.
INVESTIGACION GEOTECNICA SUPLEMENTARIA.
RIESGOS GEOLOGICOS
RIESGO SISMICO. Area situada en la Zona de Intensidad Sísmica Baja (G <V) (Escala M.S.K. Norma Sismorresistente PDS-1. 1974. Ver factores de cimentación (δ) en la Memoria.
INTENSIDAD DE PRECIPITACION TORRENCIAL. Zona A. Precipitación máxima en 1 hora < 30 mm, para un período de retorno de 10 años. (Norma Tecnológica de Edificación, Drenajes y Ajardinamiento).
CONDICIONES PARA OBRAS DE TIERRA
RESTRICCIONES GEOLOGICAS A LA CONSTRUCCION
MAYORES
MENORES
CARACTERIZACION GEOMECANICA PUNTUAL
SONDEOS MECANICOS
PENETRACION DINAMICA
POCILLOS
Escala 1:5.000

ANEJO Nº4 – EFECTOS SÍSMICOS

1. SISMICIDAD

1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Para la construcción de la nueva grada y la cubierta se deberá tener en cuenta la norma:

- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación (NCSE-02), aprobada por RD 997/2002 de 27 de septiembre y publicada en el BOE de 11 de octubre de 2002.

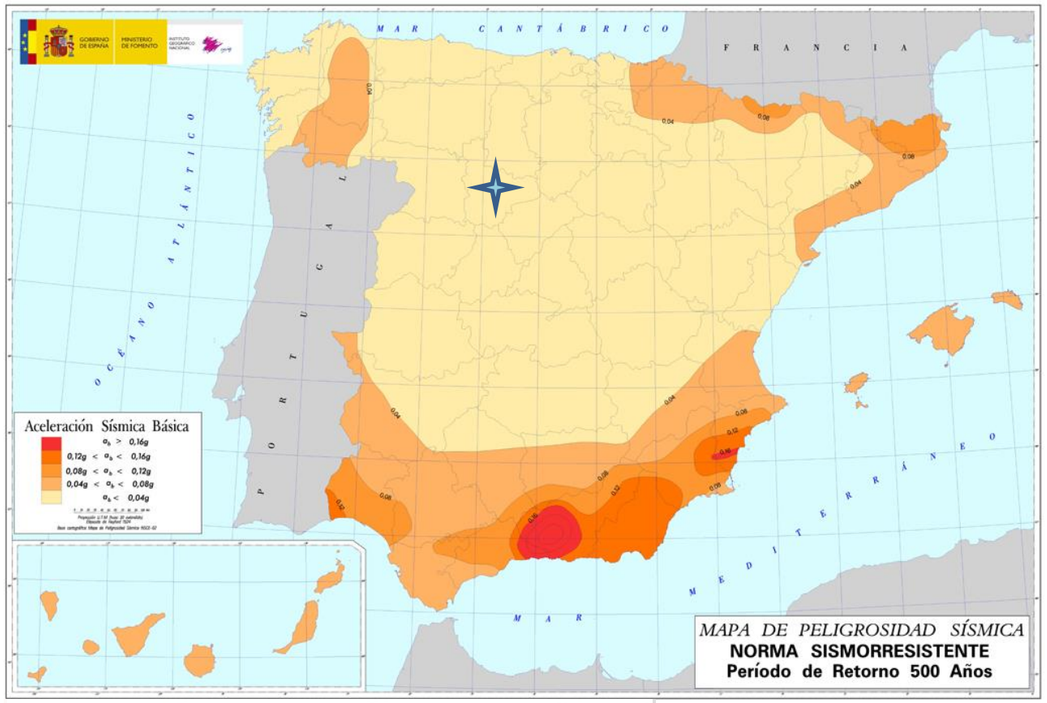
En esta normativa, de aplicación para todo proyecto de construcción, se especifica que no será necesario considerar los efectos sísmicos en las inmediaciones de la obra siempre que el valor de la aceleración sísmica horizontal básica a_b , no supere el valor de 0.04 g. Siendo g el valor de la gravedad.

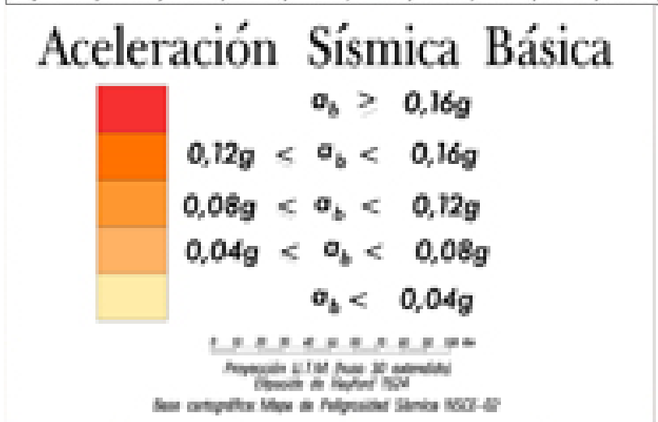
1.2. PELIGROSIDAD SÍSMICA EN LA ZONA

En el mapa adjunto, donde se representa la peligrosidad sísmica por zonas, se observa que el valor de la aceleración sísmica horizontal básica a_b en toda la provincia de Valladolid es inferior a 0.04 g

1.3. CONCLUSIÓN

No es necesaria la consideración de acciones sísmicas de ningún tipo para el diseño y cálculo de las construcciones del Estadio.





ANEJO Nº5 – CLIMATOLOGÍA

1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMA

Valladolid se sitúa en el centro de la submeseta Norte, limitada al Norte por los Picos de Europa y la Cordillera Cantábrica, al Sur por el Sistema Central y al Este por el Sistema Ibérico. De esta forma queda encajonada entre estos sistemas montañosos excepto por el Oeste donde queda abierto al Atlántico de Portugal. Esto será un factor determinante para el clima que se comentará más adelante.

El clima de Valladolid está definido como Mediterráneo Continentalizado, un clima caracterizado por inviernos largos y fríos, veranos cortos y cálidos y grandes contrastes entre temperaturas de día y de noche. Se suele dar en ciudades con clima mediterráneo seco alejadas del mar. Exactamente esta definición la cumple la ciudad de Valladolid.

En Valladolid particularmente se dan bastantes días de niebla y de heladas a tener en cuenta para la construcción de la cubierta.

2. RÉGIMEN DE TEMPERATURAS

En cuanto a las temperaturas tal vez lo más destacado sea la importante oscilación térmica diaria. Las diferencias térmicas entre el día y la noche superan en muchas ocasiones los 20 grados. La temperatura media anual es de 12,7 °C. Los inviernos como he comentado anteriormente son fríos con frecuentes nieblas y heladas (56 días de heladas de media). Los veranos son, por lo general, calurosos y secos, con máximas entre 30 °C y 35 °C, pero mínimas suaves, superando ligeramente los 14 °C. Los récords de temperaturas son los 40.2 °C, del 19 de julio de 1995, y los –11,5 °C del 14 de febrero de 1983, medidos en el observatorio de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) situado el barrio de Parquesol, el más alto de la ciudad. Hay que destacar que este observatorio está situado a escasos 500 metros del Estadio José Zorrilla por lo que resulta bastante útil y representativo de las condiciones en las que se desarrollará el proyecto.

A continuación, se presenta una tabla con los datos de temperaturas máximas medias y temperatura media anual desde 1981 hasta 2010 de la estación arriba mencionada situada a 735 m de altitud.

	Tª media	Media Tª máx	Media Tª mín
Enero	4,2	8,2	0,2
Febrero	5,9	11,2	0,7
Marzo	9,0	15,2	2,8
Abril	10,7	16,9	4,6
Mayo	14,5	21,0	7,9
Junio	19,3	27,0	11,6
Julio	22,3	30,7	14,0
Agosto	22,1	30,1	14,1
Septiembre	18,5	25,6	11,3
Octubre	13,2	18,9	7,6
Noviembre	7,9	12,4	3,5
Diciembre	5,0	8,6	1,3
AÑO	12,7	18,8	6,6

3. RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES

Aquí juega un gran papel la curiosa situación geográfica de Valladolid que, aun con sus 700 m de altitud, no recibe gran cantidad de precipitaciones en forma de nieve. El clima está determinado en gran medida

por la ubicación de la ciudad en el centro de la cuenca sedimentaria del Duero, que, al estar casi completamente rodeada de montañas que la aíslan del mar, tiene un clima extremado y seco para lo que cabría esperar a casi 700 metros de altitud y a solo 190 kilómetros del mar Cantábrico en línea recta. Las montañas que delimitan la meseta retienen los vientos y las lluvias, excepto por el Oeste, por donde la ausencia de grandes montañas abre un pasillo abierto al océano Atlántico y es por aquí, por Portugal, por donde penetran la mayoría de las precipitaciones que llegan a Valladolid.

Las precipitaciones están repartidas de forma bastante irregular a lo largo del año, si bien hay un mínimo acusado en verano y un máximo en otoño y primavera. La precipitación anual es de 433 mm y la humedad relativa media a lo largo del año es del 64 %. Al año hay 67 días de lluvia (>1mm de lluvia). La ciudad cuenta con apenas 9 días de nieve al año; aunque son infrecuentes las grandes nevadas y no suelen llegar a cuajar.

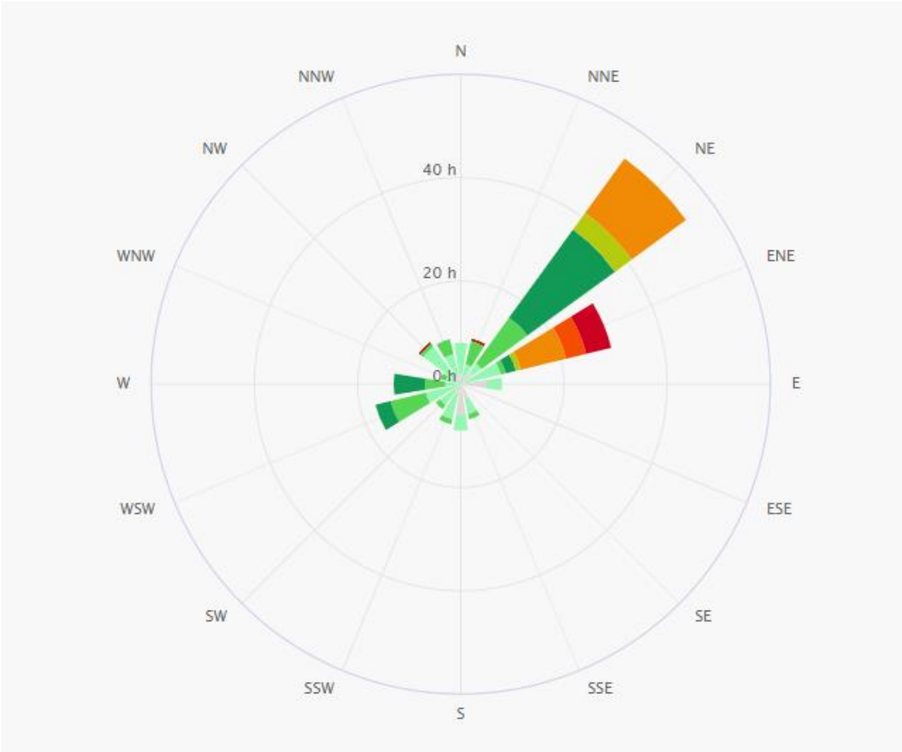
Habrá que prestar especial atención a los días de heladas que suman hasta 56 casi los mismos días de lluvia, para establecer plazos de construcción y evitar problemas de hormigonado, o tener en cuenta la contracción en juntas y uniones.

	Días >1mm lluvia	Días de nieve	Días de tormenta	Días Heladas
Enero	6,3	3,0	-	15,9
Febrero	5,2	2,1	0,1	12,8
Marzo	4,8	0,8	0,2	6,7
Abril	7,8	0,8	1,4	2,3
Mayo	7,9	-	3,6	0,3
Junio	4,5	-	3,6	-
Julio	2,1	-	2,9	-
Agosto	2,3	-	2,6	-
Septiembre	4,3	-	1,8	-
Octubre	7,5	-	0,7	0,5
Noviembre	7,1	0,7	0,1	5,8
Diciembre	7,7	1,4	-	12,4
AÑO	67,7	-	17,5	56,2

4. VIENTO

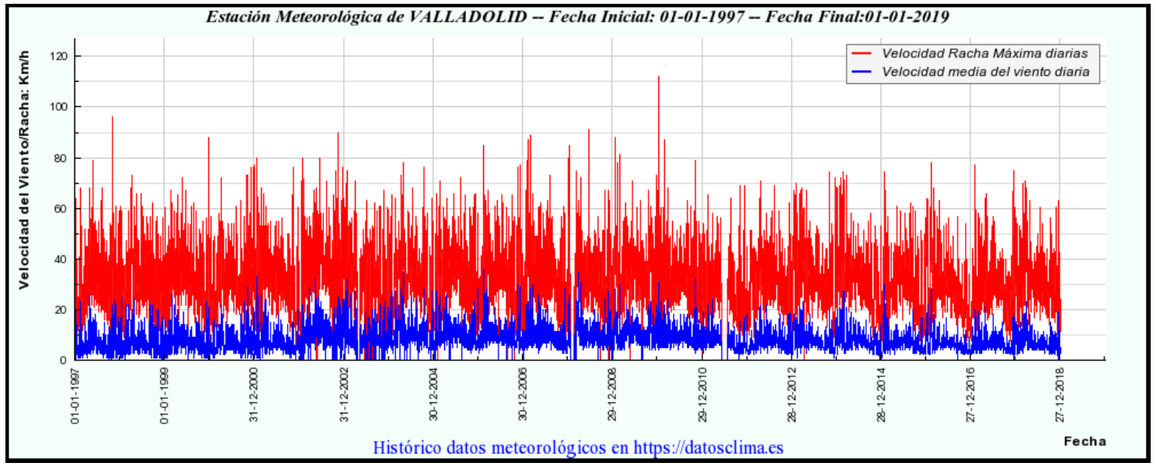
En Valladolid se crean corrientes de viento dominadas por el Valle del Pisuerga y que según la rosa de vientos de Valladolid la dirección predominante es la Noreste – Suroeste que coincide con la alineación del citado río a su paso por la ciudad.

Se debe destacar que en el estadio actual se crea un túnel de viento Norte-Sur debido a la no existencia de cerramiento en el fondo Sur, recordamos que uno de los propósitos de este proyecto era terminar con este corredor para mejorar la sensación térmica dentro del estadio. Esta situación se ve acentuada por la topografía del entorno al estadio, una zona poco urbanizada de las afueras sin apenas relieve, excepto en el Cerro de las Contiendas y en el barrio de Parquesol, que favorece que el viento fluya.



Rosa de los Vientos de Valladolid. Se aprecia dirección principal NE-SW (W).

Las velocidades máximas del viento en forma de racha no superan los 70 km /h salvo en casos extremos, como los 112 km/h en 2010, en los últimos 20 años. La media de las máximas de rachas está en torno a 50-60 km/h. La velocidad media del viento en general no supera los 15-20 km/h y la máxima media estuvo en 36 km /h en 2006.



Datos viento desde 1997 hasta 2018 en la Estación Meteorológica de Valladolid.

5. SOLEAMIENTO

Valladolid acumula una gran cantidad de horas de sol durante los meses de verano, aunque en estos meses no se disputa competición y el estadio permanece vacío. Se observa una media de más de 7 horas de sol al día, aunque durante el invierno no pase de las 4 horas y ya en verano es cuando no baja de las 9 horas. En el gráfico que se adjunta en la siguiente página se aprecia la posición del Sol en función de la hora del día (línea amarilla) y la variación de la posición del Sol a lo largo del año (línea negra, la superior es más perpendicular a la Tierra

horas de sol por dia (enero 2000 - diciembre 2018)

En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
3.0	**5.3**	**6.6**	**7.8**	**9.3**	**11.0**	[h]
99	99	99	99	99	98	Disponibilidad de datos[%]

Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	
11.9	**11.0**	**9.2**	**6.3**	**3.9**	**3.1**	[h]
99	99	97	97	99	97	Disponibilidad de datos[%]
promedió valor (enero 2000 - diciembre 2018) : **7.4 h**						

Horas de Sol por día desde el año 2000 hasta el 2018

(verano) y la inferior más tendida (invierno)) . En ella se ve que, durante los horarios habituales de los partidos iluminados naturalmente, pues más tarde se encienden las luminarias y en invierno ya es de noche, es decir la franja de la tarde entre las 16h y las 19h , los afectados por el sol son sobre todo los espectadores de la Tribuna Este. Eventualmente en los partidos de las 12h los afectados se sitúan en la Preferencia Oeste. Con la nueva cubierta de 45 m los aficionados se verán beneficiados puesto que cuando el sol incida con un ángulo más reducido, cerca de la horizontal, la cubierta conseguirá dar algo de sombra al público. Como último apunte se aprecia claramente como el estadio está alineado Norte-Sur (siguiendo las recomendaciones de la FIFA) de tal forma que el Sol nunca moleste de manera excesiva a los jugadores y en concreto a los porteros.

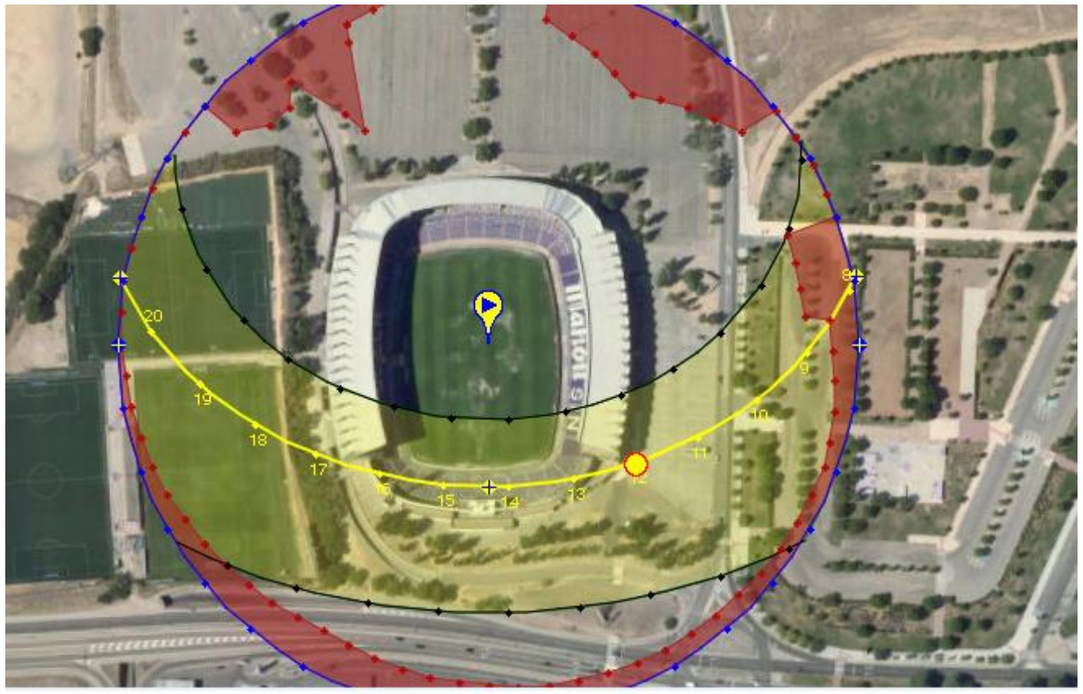


Gráfico de soleamiento en la zona del Estadio.

ANEJO Nº6 – FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

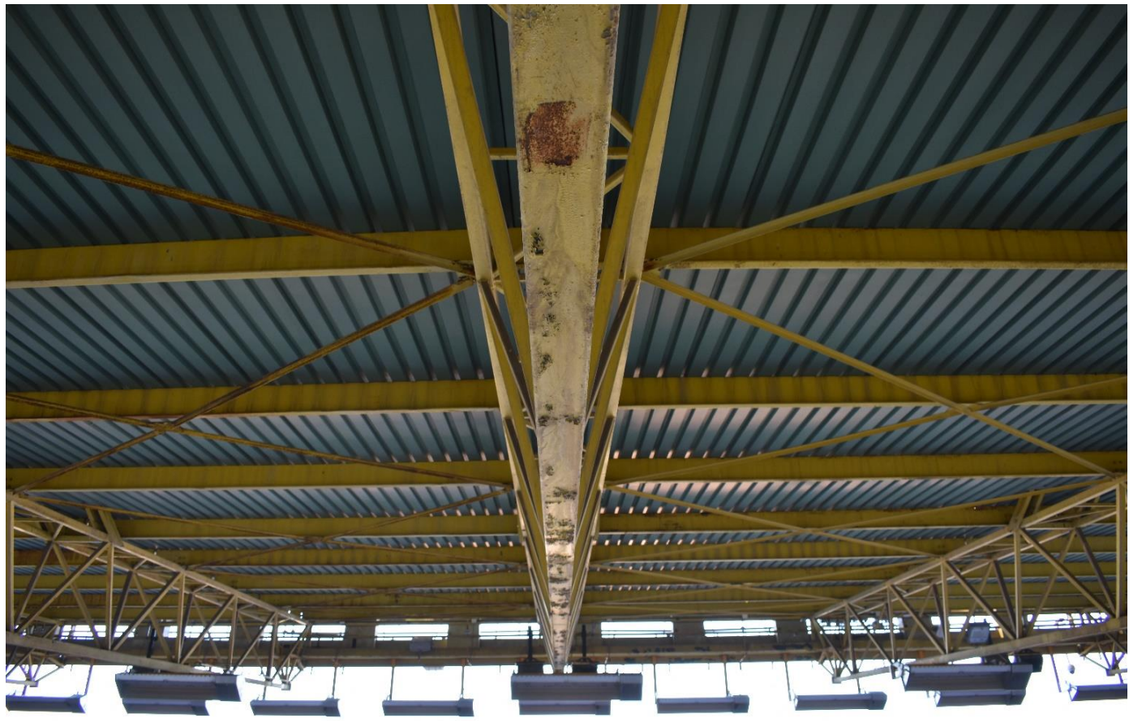
En este anejo se muestran una serie de fotografías para detallar el estado actual del Estadio y principalmente, de su cubierta.

Cabe resaltar que las fotos han sido en su totalidad tomadas por el Autor del Anteproyecto durante un día de partido del presente año 2019.

Se muestran fotos del interior del estadio, centrándose con más detalle en la tribuna principal (Oeste) y del exterior del estadio para una idea general.

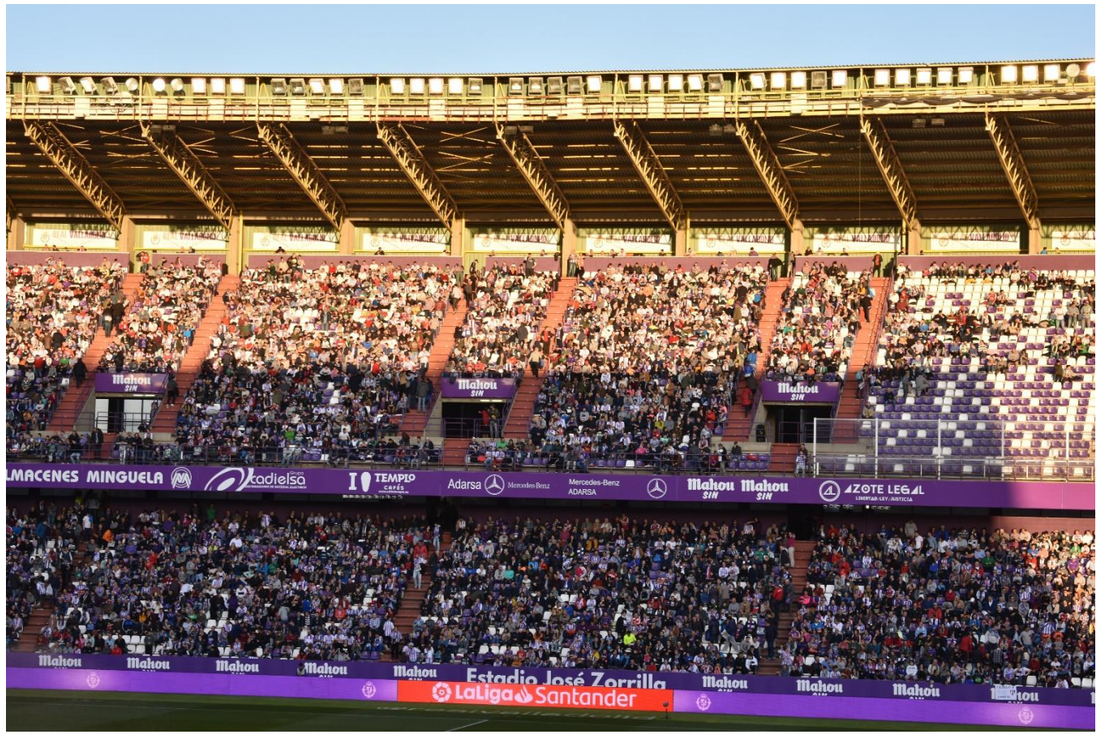
2. FOTOGRAFÍAS INTERIOR DEL ESTADIO

Unión cercha metálica de la cubierta con el pilar de hormigón

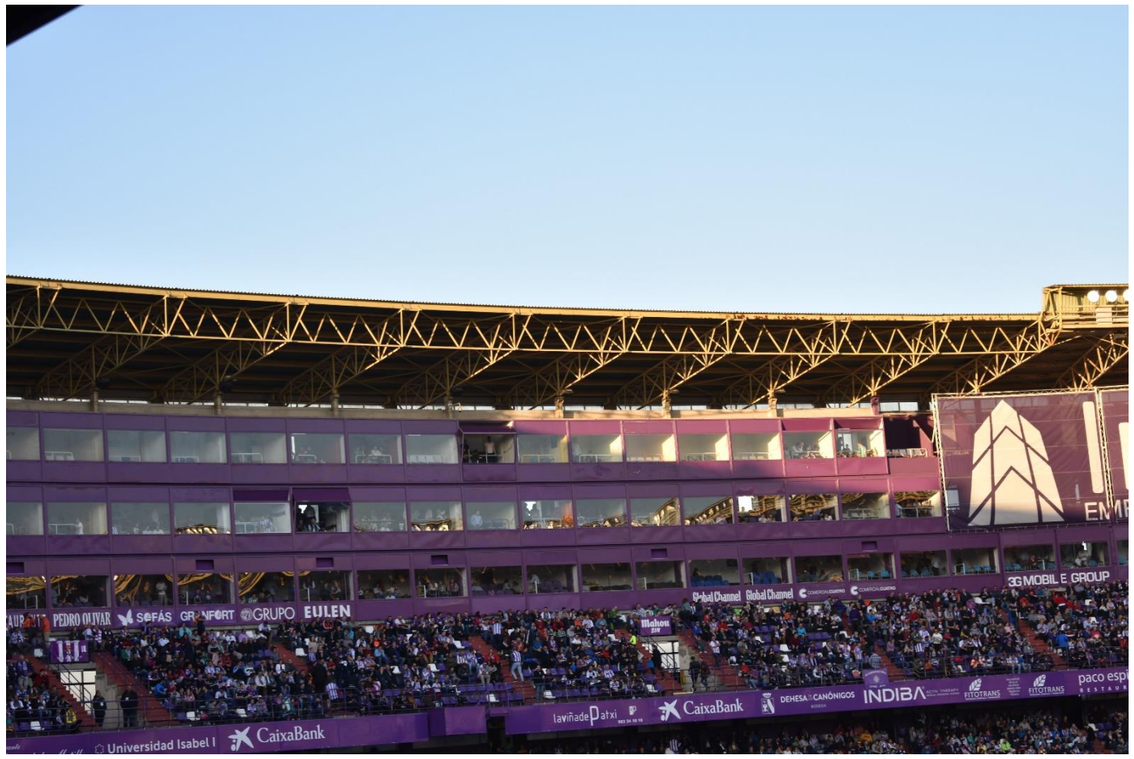


Estado actual de las cerchas de la cubierta, las correas y los arriostramientos. Se aprecian signos de corrosión

Estado Actual Tribuna Oeste y en segundo plano el Fondo Norte



Estado actual Tribuna Este



Estado Actual Fondo Norte (Palcos VIP y cubierta de dimensiones más pequeñas)

Estado Actual del Fondo Sur, sin ningún tipo de cobertura para los aficionados.

3. FOTOGRAFÍAS EXTERIOR DEL ESTADIO

Exterior de la tribuna Oeste, se aprecian los pilonos y los pórticos repetidos de hormigón armado.

Vista general de la cubierta de las tribunas, donde se distinguen los tirantes que salen de los pilonos.

ANEJO Nº7 – EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

1. UBICACIÓN

El proyecto de Diseño de una Nueva Cubierta se desarrolla en el Nuevo Estadio José Zorrilla, situado al oeste de la ciudad, entre el barrio de Parquesol y el Cerro de Las Contiendas. Aunque a las afueras, la parcela al completo pertenece al término municipal de Valladolid.

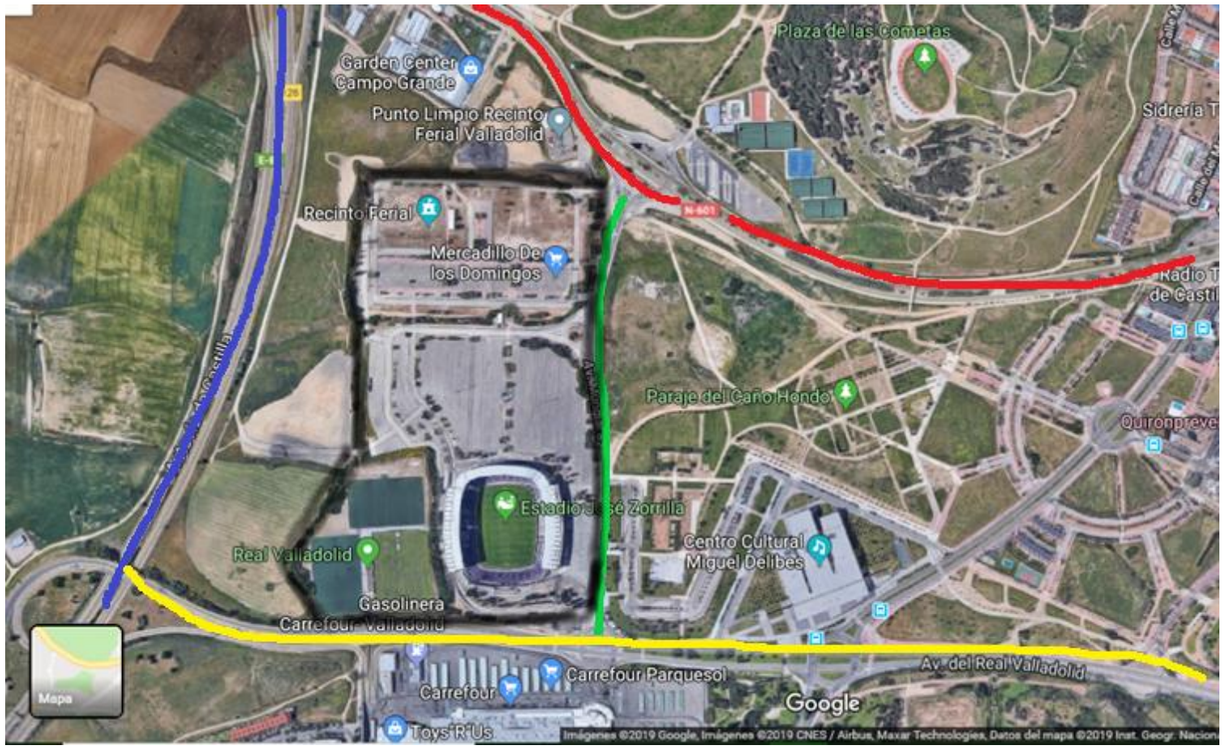
El estadio se encuentra encuadrado entre dos viales importantes de salida de la ciudad:

- La Calle Padre José Acosta (N-601) por el norte, que distribuye el tráfico desde el Paseo del Hospital Militar, el Paseo Zorrilla y la estación de autobuses hacia la salida a la A-62 y al aeropuerto. [En rojo en la imagen]
- La recientemente renombrada Avenida del Real Valladolid por el sur, que recibe tráfico desde el Puente Colgante y la Avenida Salamanca en dirección al centro comercial y a la A-62. [En amarillo en la imagen]

La parcela del estadio, más concretamente los Campos Anexos donde entrenan las categorías inferiores del Real Valladolid, delimitan con la propia autovía A-62 por el oeste, desde la cual se aprecia el estadio con claridad. [En azul en la imagen]

La calle que separa el Estadio del Auditorio Miguel Delibes, conocida como Avenida Mundial 82, une los viales arriba mencionados y responde a la dirección física del club. [En verde en la imagen].

Se encuentra a unos 40 minutos andando del centro de la ciudad, por ello el Ayuntamiento facilita el desplazamiento en autobús urbano, fletando 6 líneas los días de partido. También cuenta con aparcamiento para unos 1.200 coches a los que se puede añadir los aparcamientos adyacentes del Centro Comercial Carrefour y del Auditorio Miguel Delibes.



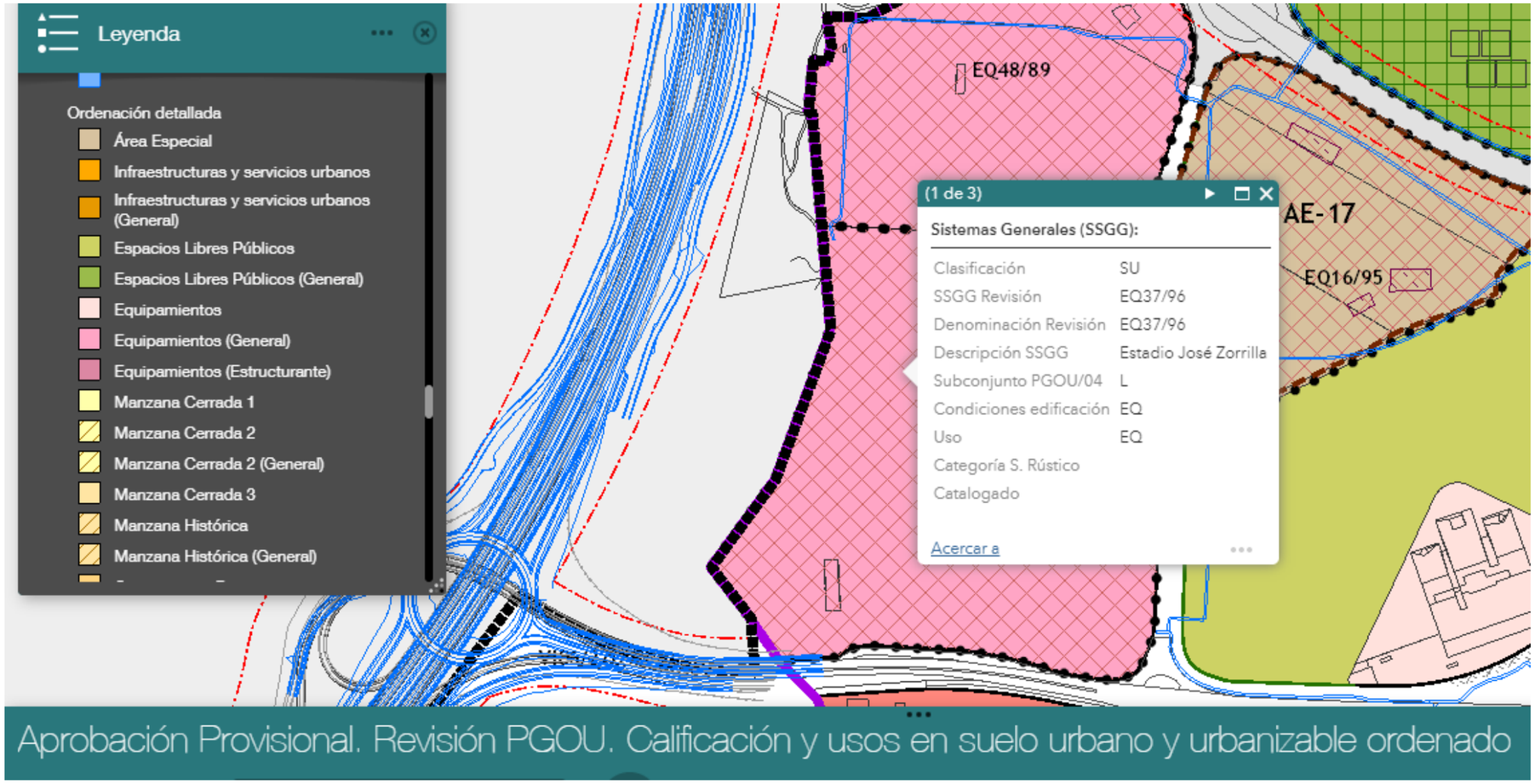
Ubicación del Estadio con los viales principales y el límite de la parcela señalizados. Google Maps.

2. ORDENACIÓN URBANA

La parcela a la que pertenece el Estadio (en negro en la imagen) contiene además los aparcamientos, los Campos Anexos de entrenamiento y el recinto ferial, también utilizado para montar el mercadillo.

El suelo, según el PGOU de Valladolid, está clasificado como Suelo Urbano. Las condiciones de edificación y su uso pertenecen a la subcategoría Equipamientos, y en el catastro se concreta que es para Uso Deportivo. El tipo de finca es Construida Sin División Horizontal.

La parcela tiene una superficie total de 223.555 m^2, de los cuales 116.791 m^2 son construidos (62.099 m^2 pertenecen al aparcamiento). Se adjunta la ficha del catastro en la siguiente página.



Visor del PGOU del Ayuntamiento de Valladolid. Parcela del Estadio.

GOBIERNO DE ESPAÑA — MINISTERIO DE HACIENDA — SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA — DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE

3423604UM5132C0001GX

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

LOCALIZACIÓN

AV MUNDIAL 82 4

47014 VALLADOLID [VALLADOLID]

USO PRINCIPAL	AÑO CONSTRUCCIÓN
Deportivo	1982

COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]
100,000000	116.791

PARCELA CATASTRAL

SITUACIÓN

AV MUNDIAL 82 4

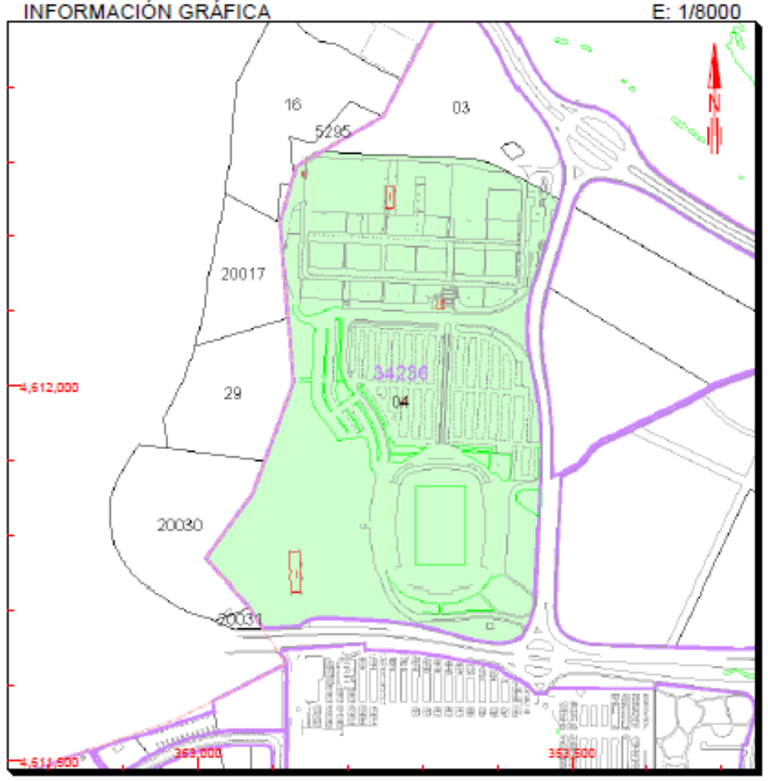
VALLADOLID [VALLADOLID]

SUPERFICIE CONSTRUIDA [m²]	SUPERFICIE GRÁFICA PARCELA [m²]	TIPO DE FINCA
116.791	223.555	Parcela construida sin división horizontal

CONSTRUCCIÓN

Destino	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m²
DEPORTIVO	-	00	01	25.725
DEPORTIVO	-	BJ	01	8.164
DEPORTIVO	-	BJ	02	6.850
DEPORTIVO	-	00	01	707
DEPORTIVO	-	00	01	126
DEPORTIVO	-	00	01	251
DEPORTIVO	-	00	01	19
DEPORTIVO	-	BJ	01	12.850
APARCAMIENTO	-	BJ	01	62.099

INFORMACIÓN GRÁFICA — E: 1/8000



Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del 'Acceso a datos catastrales no protegidos' de la SEC.

Sábado , 23 de Febrero de 2019

353,500 Coordenadas U.T.M. Huso 30 ETRS89
Límite de Manzana
Límite de Parcela
Límite de Construcciones
Mobiliario y aceras
Límite zona verde
Hidrografía

Referencia catastral de la parcela

ANEJO Nº8 – ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este proyecto es sustituir la actual cobertura del estadio por otra más moderna, ligera y útil para el aficionado. Hay una serie de criterios a seguir para elegir la mejor opción de las alternativas posibles:

- Asientos cubiertos frente a las precipitaciones.
- Aprovechar estructura existente.
- Peso propio (ligereza).
- Soleamiento del césped.
- Estética.
- Impacto visual.
- Importe económico.

A continuación se presentan 4 alternativas para la nueva cubierta del estadio: una opción continuista, añadiendo pilonos en ambos fondos; una opción con grandes cerchas longitudinales y transversales; una opción innovadora con cables y ETFE ; y por último, una opción arriesgada con un gran arco en el fondo Sur.

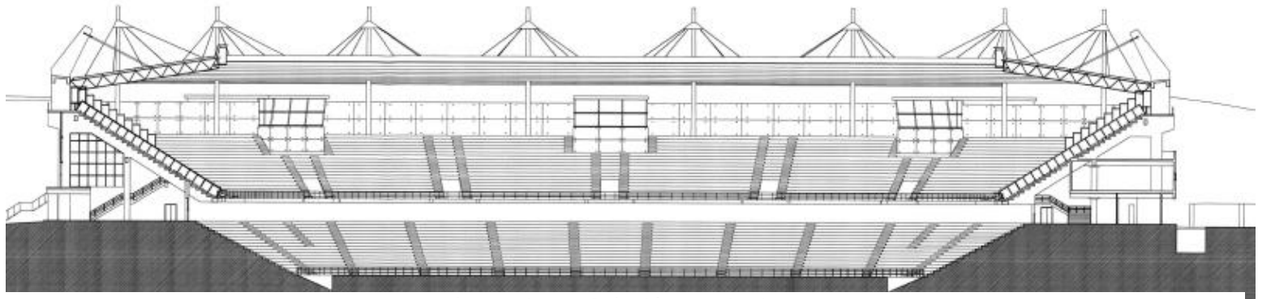
Se han seguido criterios un tanto subjetivos porque no es objeto de este proyecto el calcular todas las alternativas al detalle sino un cálculo aproximado de la alternativa elegida. Se añade que el material de la cubierta será una chapa

2. LISTADO DE ALTERNATIVAS

2.1. ALTERNATIVA 1

En esta opción se mantendrían las cubiertas de ambas tribunas, y para los fondos se seguiría la misma línea que en éstas. Se dispondrían un pilono por cada alineación, del que saldrían unos tirantes que sostendrían la cubierta. Por lo tanto, los fondos, ganarían unos cuantos asientos cubiertos, pero no supondrían demasiados puesto que en este proyecto se está tomando el Fondo Sur como una simetría del Norte, con 8 nuevas filas de asientos en Tribuna y 3 pisos de palcos VIP (interrumpidos por el videomarcador). Se debe añadir que la nueva cubierta sería más larga que la actual, que apenas cubre estas 8 filas de tribuna. El material de la cubierta seguiría siendo chapa de acero galvanizada y prelacada.

Es una alternativa continuista y que aprovechando que es muy parecida a la propuesta en la reforma no llevada a cabo en 1999, se adjunta un esquema de cómo sería, aunque con una disposición de asientos claramente distinta a la simétrica con el Fondo Norte en la que se basa este Anteproyecto.



Alternativa 1. Solución continuista.

2.2. ALTERNATIVA 2

Esta alternativa se basa en unas grandes cerchas que discurrirían por el perímetro interior de la cubierta, llevándose las cargas fuera del perímetro exterior del estadio. Dentro de esta alternativa podrían surgir dos, una manteniendo la cubierta actual (evidentemente, cambiando las luminarias de sitio) y otra retirando la cubierta actual y por ende, los pilonos y los tirantes. Centrémonos en la segunda opción.

Se colocarían dos grandes cerchas en sentido Norte-Sur, una por tribuna, y otras dos grandes cerchas sentido Este-Oeste, una por fondo. Sobre ellas reposarían unas celosías transversales a ellas, y más pequeñas que transmitirían las cargas de las correas de la cubierta. El material podría ser de nuevo chapa de acero galvanizada o bien algo más ligero como membrana de PVC.

Se diseñarían 4 grandes pilares y 4 cimentaciones para los apoyos de las cerchas, en el exterior del perímetro del estadio. También habría que valorar colocar un pilar para cada alineación de celosía transversal, que en el caso de las gradas existentes podría ser coincidente con los actuales si la carga lo permite. (a priori sí, porque gran parte de la carga se la llevarían las cerchas longitudinales). Se adjuntan una fotografía tomada por el Autor de este documento de un claro ejemplo de esta tipología, durante su etapa de construcción, en el estadio de Anoeta, San Sebastián. Se aprecian las grandes cerchas y sus apoyos en los pilares exteriores.

Estadio de Anoeta, en fase de construcción.

2.3. ALTERNATIVA 3

Esta variante es una opción innovadora y vanguardista cuya mayor baza es el sistema estructural inteligente que incorpora que, acompañado de un material plástico ligero, puede conseguir cubrir grandes vanos sin aumentar salvajemente el peso propio y por ello las cargas .

El material elegido es el ETFE, siglas correspondientes a Etileno Tetra Fluoro Etileno, que es un polímero que resiste grandes cargas con poco espesor y sin aportar apenas peso propio.

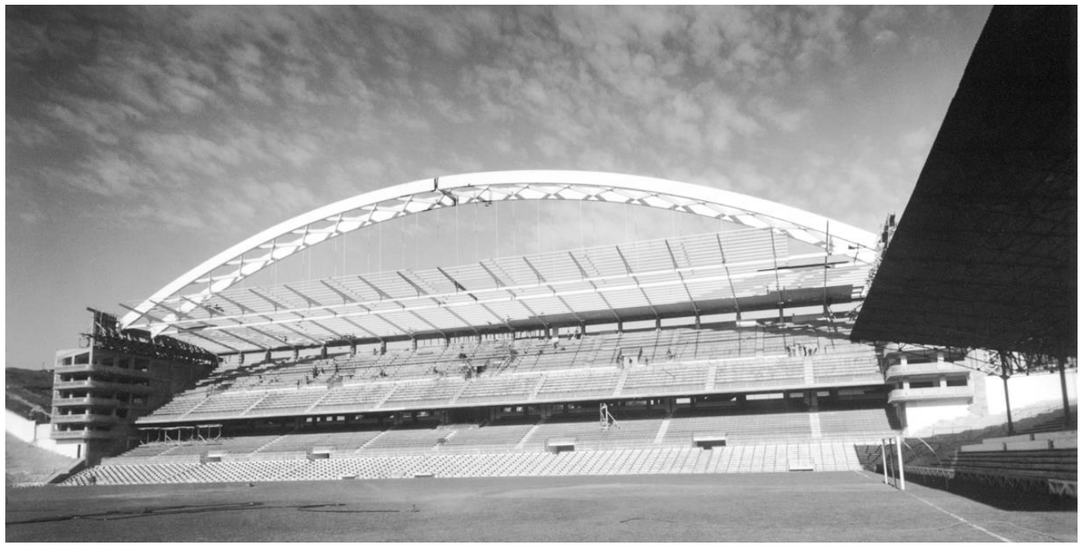
El sistema estructural consiste en una disposición en planta en forma de “rueda de bicicleta” (spoked-wheel roof) con un anillo exterior de compresión y uno interior de tracción. Ambos anillos están unidos por unos cables de alta resistencia que conforman también el anillo interior. Estos cables tienen que estar altamente pretensados para hacer frente a las cargas y no entrar nunca en compresión, o lo que es lo mismo en descarga, produciendo el colapso. En este caso, apenas se afectaría a la estructura existente pues se aprovecharían los pórticos de las tribunas como apoyos y sólo habría que añadir pilares en los fondos. Este sistema está siendo muy utilizado para cubrir grandes luces en infraestructuras deportivas y sobre todo en estadios de fútbol. Se muestra fotografía tomada por el Autor del Anteproyecto de uno de los más recientes y mediáticos estadios con este sistema.

Estadio Wanda Metropolitano con la configuración de “rueda de bicicleta”.

2.4. ALTERNATIVA 4

Esta alternativa consiste en un gran arco que soportara la cubierta del nuevo fondo Sur con apoyos en las esquinas Sureste y Suroeste. Para al menos guardar la simetría en el aspecto exterior, se cambiaría la cubierta del Fondo Norte y se colocaría un arco tal y como en el Fondo Sur. En este caso el fondo Sur debería ganar gran capacidad y no ser simétrico (en el interior) con el Norte puesto que, ya que se opta por una obra de gran magnitud, se preferiría ganar la mayor cantidad de asientos cubiertos. En este caso el material de la cubierta podría ser de membrana de PVC, o una fina lámina de acero o aluminio. Sería recomendable que la cubierta actuara como tirante y se llevara las fuerzas horizontales del arco, al estilo del tablero de los puentes tipo bowstring. Esta alternativa tiene su baza en la monumentalidad del arco, su originalidad, la cimentación apenas tendría cargas horizontales y la posibilidad de prefabricación.

Se muestran dos ejemplos a seguir de estadios con esta tipología, uno el antiguo San Mamés, Bilbao, con su icónico arco en la tribuna y en segundo lugar el Estadio Olímpico Nilton Santos en Rio de Janeiro con 4 arcos que sujetan cada cubierta. Estas fotos no han sido tomadas por el autor.



Tribuna sostenida por arco, Estadio San Mamés, Bilbao.

Estadio Olímpico Nilton Santos con sus 4 gradas suspendidas de los arcos. Río de Janeiro

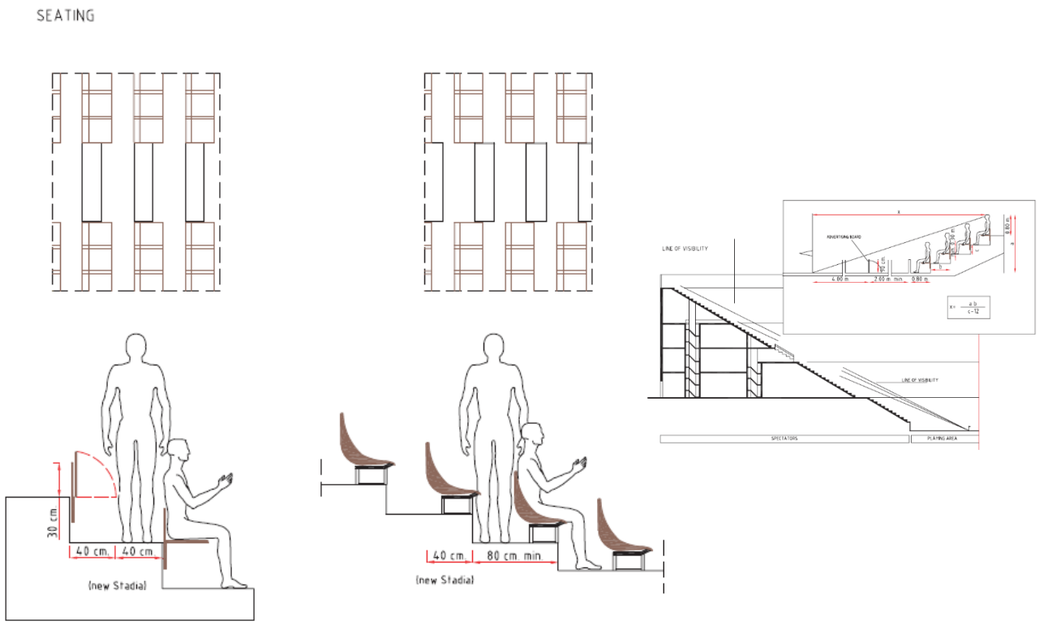
3. CRITERIOS A VALORAR

3.1. ASIENTOS CUBIERTOS

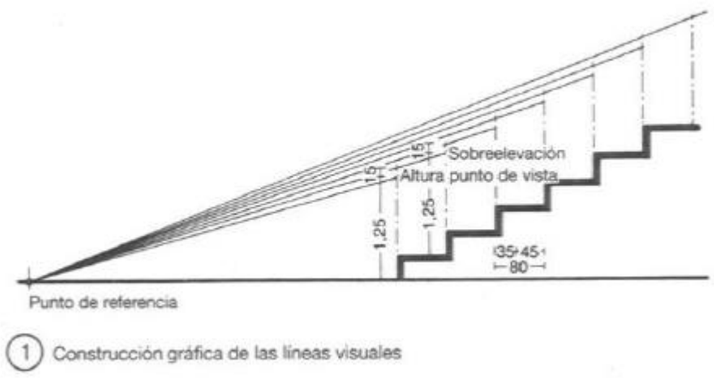
En este apartado se valorará la cantidad de personas que se resguardarán de la lluvia y el frío en cada situación. Es uno de los aspectos determinantes de un ampliación o sustitución de la cubierta. Se hará una estimación de asientos con los datos actuales de longitud de fila y de asiento. Se adjuntan dos croquis de la Guía de Recomendaciones de la FIFA, sobre dimensiones de asientos, separación entre filas e inclinación de las gradas para asegurar la buena visibilidad desde todos los puntos de vista de los espectadores. Según el libro Neufert, el asiento debe medir 0,5 m de ancho, criterio que se seguirá en este anejo.

Se añade aquí una pequeña anotación y es que es debido a esa línea de visibilidad que en la reciente reforma en el Estadio Jose Zorrilla (comentada en el anejo de Antecedentes) donde se ha retirado el

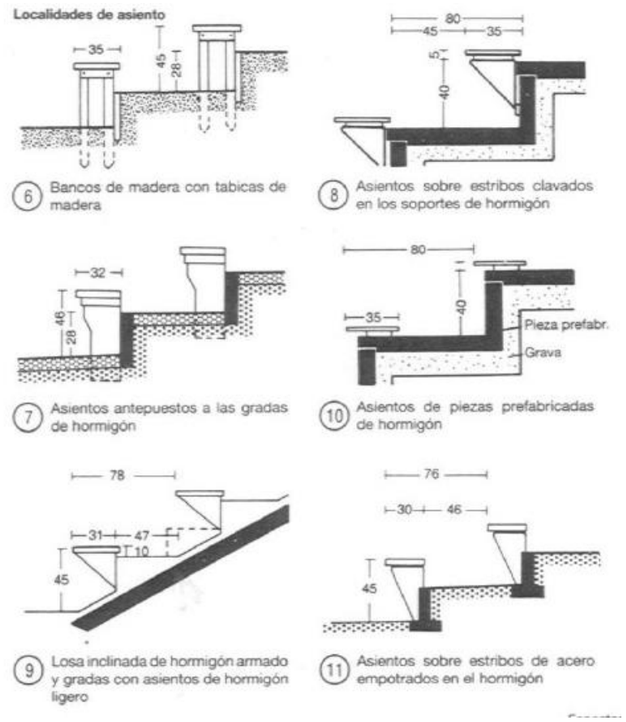
foso e instalado tres nuevas filas , no se ha podido bajar más la cota del terreno de juego debido a que los espectadores de la tribuna no verían la totalidad del terreno de juego en un aposición cómoda.



Recomendación FIFA distancia entre filas y línea de visibilidad



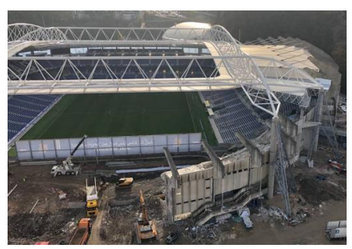
Líneas de Visibilidad según Neufert. Arte de proyectar en arquitectura.



Posibilidades de disposición de asientos. Neufert.

3.2. APROVECHAMIENTO ESTRUCTURA EXISTENTE

Aquí se valorará la posibilidad de utilizar la estructura actual como apoyo de la ampliación. Es un criterio con importancia puesto que reduciría los plazos de las obras y el coste de una manera notable. En este apartado además se valorarían el número de nuevas cimentaciones o si por el contrario se pueden utilizar las existentes. Se pone de ejemplo la tribuna de la Peineta del Wanda o las tribunas de Anoeta.

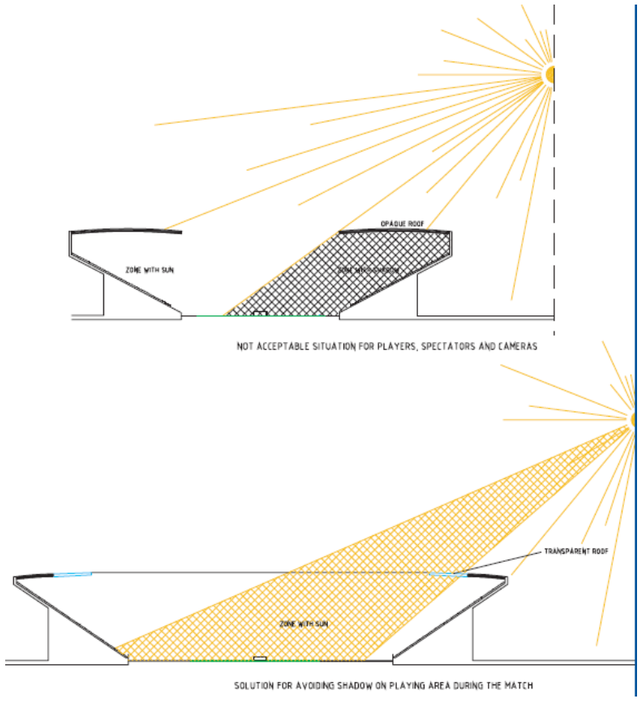


3.3. PESO PROPIO

Se valorará la ligereza del material que conforma la cubierta, puesto que se traduce en una disminución importante de la carga a soportar por la estructura, repercutiendo directamente en apoyos y costes.

3.4. SOLEAMIENTO DEL CÉSPED

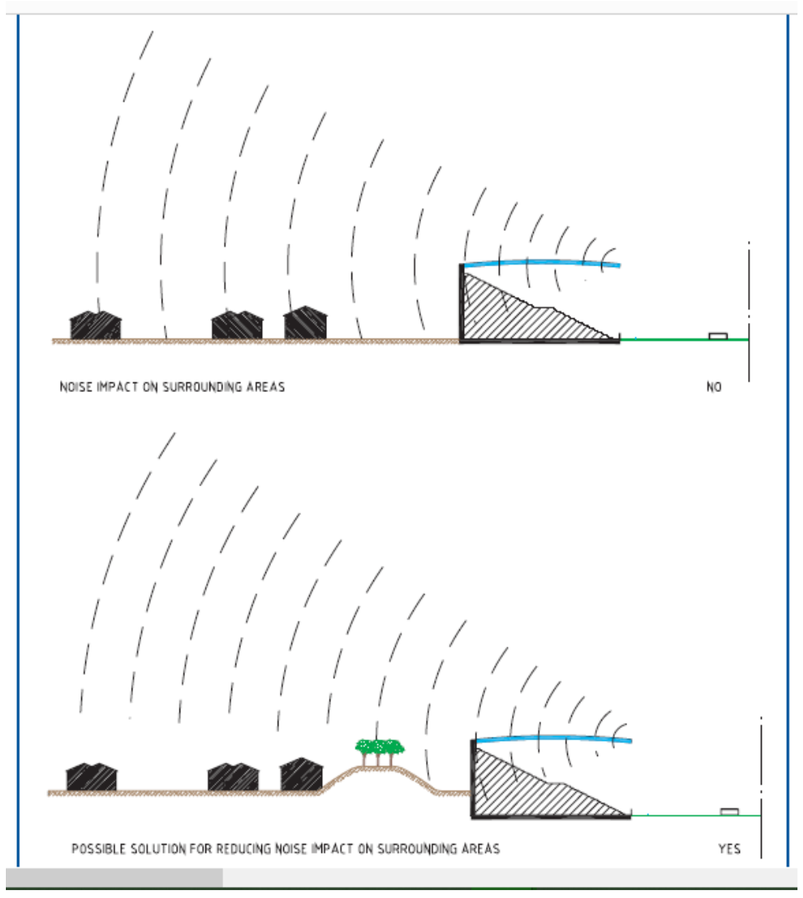
Otro aspecto importante a tener en cuenta es la iluminación natural que recibe el césped, esencial para su buen mantenimiento. En la situación actual, con unas cubiertas bastante cortas y el fondo Sur sin cerramiento, no existe preocupación por este tema. Sin embargo, con la aparición de una nueva cubierta en el fondo Sur como en este proyecto, se convierte en un problema a valorar. Se basará en la transparencia de la nueva cubierta y en las horas de sol.



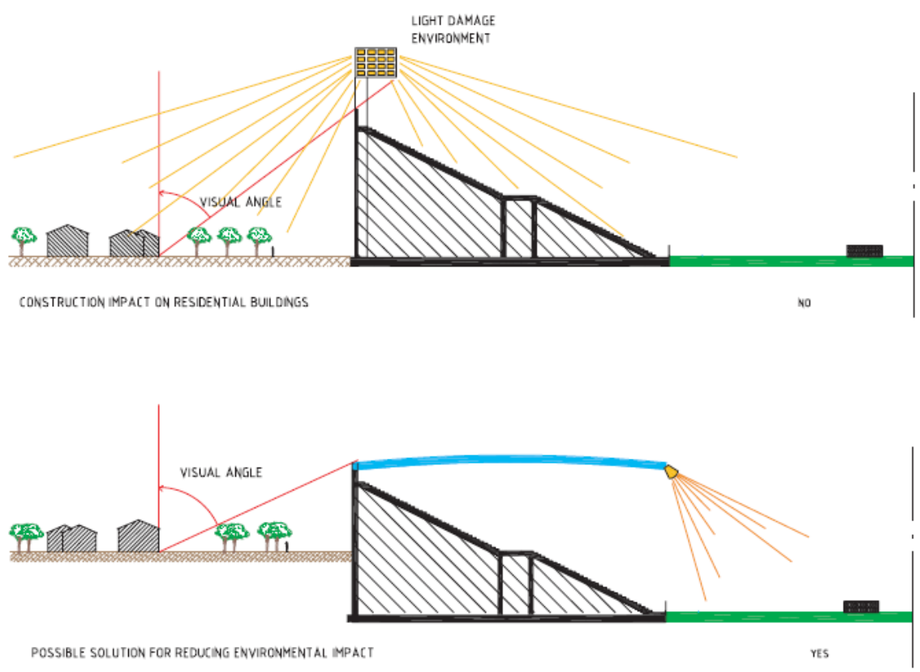
Guía recomendaciones FIFA para el soleamiento del césped.

3.5. ESTÉTICA E IMPACTO VISUAL

Un criterio bastante subjetivo pero que se intentará valorar con la máxima rigurosidad. Es un aspecto más arquitectónico que ingenieril pero que para una obra destinada al ocio de un gran número de personas y con impacto en la ciudad debe ser importante. En cuanto al impacto visual, se intentará lograr la máxima horizontalidad. También cabe tener en cuenta el impacto sonoro y lumínico como nos recomienda la Guía de la FIFA para Nuevos estadios y remodelaciones.



Contaminación sonora, posible solución con talud y vegetación para aislar .



Contaminación lumínica, propuesta de buena práctica. Guía FIFA

4. ANÁLISIS MULTICRITERIO

4.1. ASIENTOS CUBIERTOS

Al ser este un criterio importante se le dará un peso de 1 para la ponderación en el análisis.

Veamos cuantos asientos cubiertos se ganan en cada alternativa. Para ello me basaré en la longitud efectiva de cada fila y en la longitud de cada asiento, sólo lo aplicaré a las filas de la Preferencia puesto que poseo datos del proyecto de Cerramiento del Fondo Norte de 1984 que nos facilitan el cálculo de los asientos de la tribuna Norte y los Palcos y, por ende, los asientos de la Tribuna Sur. Con eso se consigue un número de asientos por fila que sumados nos dará cuantos quedan cubiertos. Se va a suponer que el estadio actual cubre todos los asientos de las Tribunas Norte, Este y Oeste. También las 3 filas superiores de las Preferencias que quedan resguardadas por el voladizo de la Tribuna. Por lo tanto, se darán números en términos relativos respecto a estas condiciones y no absolutos de todo el estadio.

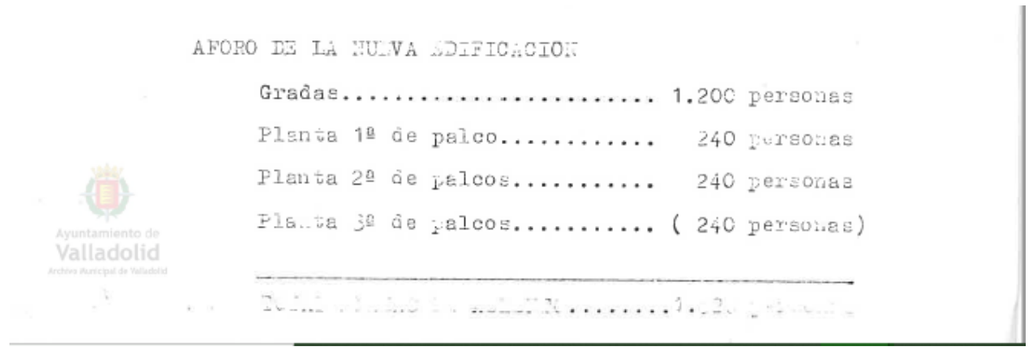
No se van a tener en cuenta las 3 primeras filas que se han añadido recientemente en Septiembre de 2019 para los cálculos. Suponen en torno a 1800 localidades nuevas.

Por último añadir que el fondo Sur aloja el marcador del estadio, que se colocaría en el medio a la altura de los palcos VIP, restando unas 50 plazas que serán descontadas en los cálculos.

4.1.1. ALTERNATIVA 1

Las tribunas se quedan intactas, por lo que el aumento en estas zonas es nulo. En los fondos se crea una cubierta que tiene la condición de contorno de ser continuación de la de las tribunas en su extremo interior. Por lo tanto, sólo se cubrirán las nuevas filas del Fondo Sur y las 3 filas de Preferencia que quedan al resguardo de la tribuna Sur. También los palcos VIP, que son por naturaleza cubiertos, se sumarán, pero no tendrán efecto diferenciador puesto que en todas las alternativas aparecen los mismos palcos VIP excepto en la 4 con el arco.

Cada asiento tiene una longitud de 0,5m. Teniendo en cuenta la longitud de cada fila y restando la longitud de las escaleras y las puertas, se obtendrá el número de asientos.



AFORO DE LA NUEVA EDIFICACION

Gradas..... 1.200 personas
Planta 1ª de palco..... 240 personas
Planta 2ª de palcos..... 240 personas
Planta 3ª de palcos..... (240 personas)

Extracto del Proyecto de Cerramiento del Fondo Norte. 1984. Aforo.

Long escaler	Nº escaleras	Long de esca	Long de fila	Long de asiento	Asientos exactos	Asientos enteros	Fila
1,1	10	11	110,340	99,340	198,680	198	18
1,1	10	11	108,896	97,896	195,793	195	17
1,1	10	11	107,453	96,453	192,906	192	16

Tabla para obtener el número de asientos de la Preferencia que tienen las últimas 3 filas

Por lo tanto, se obtiene:

- 1200 asientos en la Tribuna Sur.
- 585 asientos en Pref Sur.
- 720 personas en los Palcos VIP.
- -50 asientos por el videomarcador.

TOTAL de nuevos Asientos Cubiertos Alternativa 1: 2.455 localidades.

4.1.2 ALTERNATIVA 2

En esta variante se desmontan las cubiertas existentes y se proyectan unas nuevas de mayor longitud que la actual (23m). Aceptemos que llegan a los 30m, por donde discurriría la gran cercha longitudinal recogiendo las celosías transversales de la cubierta. Con estos metros, asumimos que se cubren todas las localidades anteriormente calculadas y además unas 7 filas más. Para hacer un total de 10 filas en las Preferencias.

Long escaler	Nº escaleras	Long de esca	Long de fila	Long de asiento	Asientos exactos	Asientos enteros	Fila
1,1	10	11	110,340	99,340	198,680	198	18
1,1	10	11	108,896	97,896	195,793	195	17
1,1	10	11	107,453	96,453	192,906	192	16
1,1	10	11	106,009	95,009	190,019	190	15
1,1	10	11	104,566	93,566	187,132	187	14
1,1	10	11	103,122	92,122	184,245	184	13
1,1	10	11	101,679	90,679	181,358	181	12
1,1	10	11	100,235	89,235	178,471	178	11
1,1	10	11	98,792	87,792	175,584	175	10
1,1	10	11	97,348	86,348	172,696	172	9

Localidades cubiertas en los Fondos Norte y Sur. Preferencias.

4	Long escaler	Nº escaleras	Long de esca	Long de fila	Long de asiento	Asientos exactos	Asientos enteros	Fila
5	1,3	6	7,8	117,040	109,240	218,480	218	18
6	1,3	6	7,8	116,592	108,792	217,585	217	17
7	1,3	6	7,8	116,145	108,345	216,689	216	16
8	1,3	6	7,8	115,697	107,897	215,794	215	15
9	1,25	6	7,5	115,249	107,749	215,499	215	14
10	1,25	6	7,5	114,802	107,302	214,604	214	13
11	1,25	6	7,5	114,354	106,854	213,708	213	12
12	1,25	6	7,5	113,906	106,406	212,813	212	11
13	1,25	6	7,5	113,459	105,959	211,918	211	10
14	1,25	6	7,5	113,011	105,511	211,022	211	9

Localidades cubiertas en las Preferencias Este y Oeste.

Por lo tanto, se obtiene:

- 1200 asientos en Tribuna Sur
- 1852 asientos en Preferencia Sur
- 1267 asientos en Prefencia Norte
- 2982 asientos en las Preferencias Este y Oeste
- 720 personas en los palcos VIP
- -50 asientos por el videomarcador.

TOTAL de nuevos Asientos Cubiertos Alternativa 2: 7.971

4.1.3 ALTERNATIVA 3

Esta alternativa presenta una ventaja competitiva frente a las demás en cuanto a dimensiones puesto que su peso propio es más reducido y puede cubrir luces más grandes. En este caso, se proyectaría una cubierta de 45m entre anillos de compresión y tracción. Según los planos disponibles y suponiendo un ángulo de lluvia de unos 20 grados, cubriríamos todas las filas menos las 2 últimas (además de las 3 nuevas, que no son tomadas en cuenta en este Proyecto) y aun así estaríamos del lado de la seguridad.

Long escaler	Nº escaleras	Long de esca	Long de fila	Long de asiento	Asientos exactos	Asientos enteros	Fila
1,1	10	11	110,340	99,340	198,680	198	18
1,1	10	11	108,896	97,896	195,793	195	17
1,1	10	11	107,453	96,453	192,906	192	16
1,1	10	11	106,009	95,009	190,019	190	15
1,1	10	11	104,566	93,566	187,132	187	14
1,1	10	11	103,122	92,122	184,245	184	13
1,1	10	11	101,679	90,679	181,358	181	12
1,1	10	11	100,235	89,235	178,471	178	11
1,1	10	11	98,792	87,792	175,584	175	10
1,1	10	11	97,348	86,348	172,696	172	9
1,1	8	8,8	95,905	87,105	174,209	174	8
1,1	8	8,8	94,461	85,661	171,322	171	7
1,1	8	8,8	93,018	84,218	168,435	168	6
1,1	8	8,8	91,574	82,774	165,548	165	5
1,1	8	8,8	90,131	81,331	162,661	162	4
1,1	8	8,8	88,687	79,887	159,774	159	3

Nuevas localidades cubiertas en las Preferencias de los fondos.

Long escaler	Nº escaleras	Long de esca	Long de fila	Long de asiento	Asientos exactos	Asientos enteros	Fila
1,3	6	7,8	117,040	109,240	218,480	218	18
1,3	6	7,8	116,592	108,792	217,585	217	17
1,3	6	7,8	116,145	108,345	216,689	216	16
1,3	6	7,8	115,697	107,897	215,794	215	15
1,25	6	7,5	115,249	107,749	215,499	215	14
1,25	6	7,5	114,802	107,302	214,604	214	13
1,25	6	7,5	114,354	106,854	213,708	213	12
1,25	6	7,5	113,906	106,406	212,813	212	11
1,25	6	7,5	113,459	105,959	211,918	211	10
1,25	6	7,5	113,011	105,511	211,022	211	9
1,25	6	7,5	112,564	105,064	210,127	210	8
1,25	6	7,5	112,116	104,616	209,232	209	7
1,25	6	7,5	111,668	104,168	208,336	208	6
1,2	6	7,2	111,221	104,021	208,041	208	5
1,2	6	7,2	110,773	103,573	207,146	207	4
1,2	6	7,2	110,325	103,125	206,251	206	3

Nuevas localidades cubiertas en la Preferencia Este

Túnel de ve	Long escale	Nº escalera	Long de esc	Long de fila	Long de asiento	Asientos exactos	Asientos enteros	Fila
	1,3	6	7,8	117,040	109,240	218,480	218	18
	1,3	6	7,8	116,592	108,792	217,585	217	17
	1,3	6	7,8	116,145	108,345	216,689	216	16
	1,3	6	7,8	115,697	107,897	215,794	215	15
	1,25	6	7,5	115,249	107,749	215,499	215	14
	1,25	6	7,5	114,802	107,302	214,604	214	13
	1,25	6	7,5	114,354	106,854	213,708	213	12
	1,25	6	7,5	113,906	106,406	212,813	212	11
	1,25	6	7,5	113,459	105,959	211,918	211	10
	1,25	6	7,5	113,011	105,511	211,022	211	9
6,2	1,25	6	7,5	112,564	98,864	197,727	197	8
6,2	1,25	6	7,5	112,116	98,416	196,832	196	7
6,2	1,25	6	7,5	111,668	97,968	195,936	195	6
6,2	1,2	6	7,2	111,221	97,821	195,641	195	5
6,2	1,2	6	7,2	110,773	97,373	194,746	194	4
6,2	1,2	6	7,2	110,325	96,925	193,851	193	3

Nuevas localidades cubiertas en Pref Oeste. Se tiene en cuenta el túnel de vestuarios.

Los resultados finales son los siguientes:

- 2851 asientos en Preferencia Sur.
- 2266 asientos en Preferencia Norte.
- 2661 asientos en Preferencia Oeste.
- 2739 asientos en Preferencia Este.
- 720 localidades en palcos VIP
- -50 localidades por el videomarcador.

TOTAL de nuevos Asientos Cubiertos Alternativa 3: 11.187 localidades.

4.1.2. ALTERNATIVA 4

Esta alternativa se basa en un imponente arco que sujete la cubierta del fondo Sur y otro idéntico para el fondo Norte. En este caso, se dimensionaría la cubierta para cubrir todas las localidades de ambos fondos. El fondo Sur tendría una configuración habitual de tribuna, sin palcos VIP , por lo que su capacidad aumentaría. Se hará una estimación con unas longitudes similares al fondo Norte y contando con una serie de puertas y escaleras. Con esta ampliación, el estadio alcanzaría los 30.000 espectadores.

Long puerta	Nº puertas	Long escale	Nº escalera:	Long de fila	Long de asie	Asientos exacto	Asientos enteros	Fila
4		1,1	8	125,500	116,700	233,400	233	25
4		1,1	8	124,968	116,168	232,336	232	24
4		1,1	8	124,436	115,636	231,272	231	23
4		1,1	8	123,904	115,104	230,208	230	22
4		1,1	8	123,372	114,572	229,144	229	21
4		1,1	8	122,840	114,040	228,080	228	20
4		1,1	8	122,308	113,508	227,016	227	19
4		1,1	8	121,776	112,976	225,952	225	18
4		1,1	8	121,244	112,444	224,888	224	17
4		1,1	8	120,712	111,912	223,824	223	16
4		1,1	8	120,180	111,380	222,760	222	15
4		1,1	8	119,648	110,848	221,696	221	14
4		1,1	8	119,116	110,316	220,632	220	13
4	4	1,1	8	118,584	93,784	187,568	187	12
4	4	1,1	8	118,052	93,252	186,504	186	11
4	4	1,1	8	117,520	92,720	185,440	185	10
4	4	1,1	8	116,988	92,188	184,376	184	9
4	4	1,1	8	116,456	91,656	183,312	183	8
4	4	1,1	8	115,924	91,124	182,248	182	7
4	4	1,1	8	115,392	90,592	181,184	181	6
4	4	1,1	8	114,860	90,060	180,120	180	5
4	4	1,1	8	114,328	89,528	179,056	179	4
4		1,1	4	113,796	109,396	218,792	218	3
4		1,1	4	113,264	108,864	217,728	217	2
4		1,1	4	112,2	107,800	215,600	215	1
							5242	

Nuevas localidades cubiertas en una teórica tribuna Sur

Long escaler	Nº escaleras	Long de esca	Long de fila	Long de asiento	Asientos exactos	Asientos enteros	Fila
1,1	10	11	110,340	99,340	198,680	198	18
1,1	10	11	108,896	97,896	195,793	195	17
1,1	10	11	107,453	96,453	192,906	192	16
1,1	10	11	106,009	95,009	190,019	190	15
1,1	10	11	104,566	93,566	187,132	187	14
1,1	10	11	103,122	92,122	184,245	184	13
1,1	10	11	101,679	90,679	181,358	181	12
1,1	10	11	100,235	89,235	178,471	178	11
1,1	10	11	98,792	87,792	175,584	175	10
1,1	10	11	97,348	86,348	172,696	172	9
1,1	8	8,8	95,905	87,105	174,209	174	8
1,1	8	8,8	94,461	85,661	171,322	171	7
1,1	8	8,8	93,018	84,218	168,435	168	6
1,1	8	8,8	91,574	82,774	165,548	165	5
1,1	8	8,8	90,131	81,331	162,661	162	4
1,1	8	8,8	88,687	79,887	159,774	159	3
1,1	8	8,8	87,244	78,444	156,887	156	2
1,1	8	8,8	85,800	77,000	154,000	154	1
						3161	TOTAL

Localidades cubiertas en el Fondo Norte.

Se obtienen estos resultados:

- 5737 asientos cubiertos en las preferencias Norte y Sur.
- 5242 asientos cubiertos en la nueva Tribuna Sur
- 1200 asientos en Tribuna Norte.
- 720 localidades de Palcos VIP
- -200 localidades de una esquina de la nueva Tribuna para el videomarcador.

TOTAL de nuevos asientos cubiertos Alternativa 4: 12.699 localidades.

Para este criterio, se tomará el máximo obtenido como 1 y los demás valores se relacionarán a él en tanto por uno. De tal forma que 12.699 será valorado como 1 y por ejemplo 7.971 será valorado como 7.971/12.699 = 0,627. Del mismo modo con las dos alternativas restantes.

4.2. APROVECHAMIENTO ESTRUCTURA EXISTENTE

Este criterio alcanza una importancia alta si hablamos de presupuesto y plazos de construcción, que se traducen en menos afección al calendario de partidos del equipo y en una mayor comodidad para el aficionado. Se le dará un coeficiente de 0,7 en la ponderación.

4.2.1. ALTERNATIVA 1

En esta opción se construyen por completo las dos nuevas cubiertas de los fondos mientras que las tribunas permanecen como en su estado actual. Se intentarán aprovechar las alineaciones existentes en los fondos si la carga lo permite.

Valoración: 0,8

4.2.2. ALTERNATIVA 2

Para esta alternativa se colocan las grandes cercas para las que habría que diseñar nuevas cimentaciones además de retirarse todos los pilonos de las tribunas, así como las cubiertas de todas las

gradas deberían ser retiradas y sustituidas por otras. La estructura existente se aprovecharía como apoyo de las pequeñas celosías de la cubierta transversales a las cerchas.

Valoración: 0,6

4.2.3. ALTERNATIVA 3

En la opción de rueda de bicicleta también habría que retirar todos los pilonos y tirantes y desmontar todas las cubiertas. Las tribunas servirían de apoyo al anillo de compresión y para los fondos habría que diseñar unos cuantos apoyos y sus cimentaciones.

Valoración: 0,6

4.2.4. ALTERNATIVA 4

La opción de los arcos dejaría las tribunas en su estado actual y necesitaría una sustitución de la cubierta del fondo norte. También 4 grandes cimentaciones para los apoyos del arco.

Valoración: 0,7

4.3. PESO PROPIO

A este criterio se le asignará un coeficiente de 0,85 puesto que un estadio de fútbol supone unas dimensiones bastante grandes a cubrir, y el peso propio aumenta proporcionalmente al vano a cubrir. Además, repercute en muchos más factores, a más peso propio, mayor cantidad de material tengo que gastar en apoyos y de mayor resistencia y dimensiones.

4.3.1. ALTERNATIVA 1

El material de la cubierta sería similar a la actual chapa de acero galvanizada, además presentaría tirantes y pilonos. Una chapa de acero de espesor 2mm puede alcanzar los 16kg /m^2. Por lo tanto, se le dará una valoración de 0,6.

4.3.2. ALTERNATIVA 2

En el caso de las cerchas, el material de la cubierta sería algo más ligero, quizá tipo membrana de PVC pero las cerchas por si solas son de grandes dimensiones y añadirían grandes cargas a los apoyos. Valoración: 0,65.

4.3.3. ALTERNATIVA 3

EL ETFE tiene un peso aprox. de 1 kg / m^2 en sus aplicaciones en cubiertas de estadios, por lo que vence a las demás alternativas con claridad, aunque la celosía que conforma el anillo de compresión vaya a añadir carga a los apoyos, que tienen la ventaja de apenas soportar carga horizontal.
Valoración: 1.

4.3.4. ALTERNATIVA 4

El material de la cubierta en este caso sería un polímero o un textil de menor peso que una chapa de acero, pero con algo más de masa que el ETFE. El arco, que, si utilizamos la cubierta como tirante, (siempre y cuando el material soportara esa solicitación a tracción) no llevaría apenas cargas horizontales a los apoyos, conseguiría que las dimensiones y el armado de las cimentaciones se redujeran. Valoración 0,7

4.4. SOLEAMIENTO DEL CÉSPED

En este apartado, se valorará principalmente la transparencia del material elegido para la cubierta. Es un factor a tener en cuenta para el buen mantenimiento del césped pero no es algo insalvable puesto que se podrían instalar lámparas de calor como en otros estadios. Por ello se le dará un peso de 0,6.

4.4.1. ALTERNATIVA 1

Al ser una cubierta de chapa de acero galvanizada no deja pasar los rayos de luz del Sol. En dimensiones no es muy grande por lo que su valoración será de 0,5.

4.4.2. ALTERNATIVA 2

En este caso el material tampoco es transparente y además la cubierta alcanza mayores dimensiones que en la Alternativa 1, por lo que dará mayor superficie de sombra. Valoración: 0,4.

4.4.3. ALTERNATIVA 3

El ETFE tiene una propiedad especial y es que deja pasar los rayos UVA del sol , sin producir alteración apreciable al césped del estadio. Por lo tanto se valora con: 1.

4.4.4. ALTERNATIVA 4

Para la cubierta suspendida de los arcos, el material tampoco sería transparente y además los grandes arcos podrían proyectar sombras considerables y poco estéticas para el espectador en directo y en TV. Se valora con: 0,4 .

4.5. ESTÉTICA

Este apartado cobra importancia al ser una infraestructura de grandes dimensiones y diseñada para alojar a más de 25.000 personas cada 15 días. Si se consigue un buen acabado y un aspecto agradable, se puede convertir en un elemento turístico más para la ciudad y también un lugar al que los aficionados locales acudan con mejores sensaciones. Por todo esto se le valorará con 0,7.

4.5.1. ALTERNATIVA 1

Al seguir una línea continuista se conseguiría un buen acople de la estructura nueva con la anterior, conformando un estadio clásico pero adaptado al crecimiento que se espera en un futuro próximo. No se conseguiría ningún cambio drástico que llame la atención, pero sí un encaje de piezas válido. Valoración: 0,65

4.5.2. ALTERNATIVA 2

Se apreciarían unas grandes cerchas y 4 apoyos en las esquinas que probablemente no digan mucho al aficionado medio. Le darían un toque de personalidad en el exterior porque en España no hay excesivos casos de esta tipología. (Cornellá y Anoeta) Valoración: 0,6.

4.5.3. ALTERNATIVA 3

Este sistema le dotaría al estadio de un salto de calidad en cuanto a tipología estructural se refiere convirtiéndose en otro caso de progreso para cubrir grandes luces en estadios, como en La Cartuja o el Wanda. El material ETFE daría juego pudiéndose tintar de diferentes colores y tonalidades a antojo de los proyectistas. En el exterior se apreciaría la celosía perimetral, dándole un toque renovado y más moderno. Se podría jugar con un nuevo cerramiento en la fachada con el material entes mencionado. Valoración: 0,8.

4.5.4. ALTERNATIVA 4

Probablemente la opción más rompedora. Unos arcos en los fondos pondrían al estadio al frente del panorama nacional en cuanto a monumentalidad se refiere. El conjunto arcos en los fondos y pilonos en las tribunas puede que restara algo de estética, pero creo que se compensaría con el impacto que crearían estos arcos en la visual del aficionado. Además, la zona no tiene otros monumentos a los que podría tapar o con los que no conjuntaría como si fuera un edificio céntrico, luego habría libertad de instalar esta tipología. Valoración: 0,95.

5. RESULTADOS PONDERACIÓN MULTICRITERIO

Se recogen en una tabla los pesos de cada uno de los criterios para la posterior ponderación. La máxima puntuación va a ser de 3,85.

	Peso
Criterio Asientos Cubiertos	1
Criterio Afect Estruct Exist	0,7
Criterio Peso Propio	0,85
Criterio Soleamiento	0,6
Criterio Estética	0,7

Criterios

A continuación, se muestra una tabla con los resultados del análisis multicriterio.

	Criterio Asientos Cubiertos		Criterio Afect Estruct Exist		Criterio Peso Propio		Criterio Soleamiento		Criterio Estética		Resultado
Alternativa	Valoración	Valoración Ponderada	Valoración	Valoración Ponderada	Valoración	Valoración Ponderada	Valoración	Valoración Ponderada	Valoración	Valoración Ponderada	
Continuista	0,193	0,193	0,8	0,56	0,6	0,51	0,5	0,3	0,7	0,49	2,053
Cerchas	0,627	0,627	0,6	0,42	0,65	0,5525	0,4	0,24	0,65	0,455	2,2945
ETFE	0,88	0,88	0,6	0,42	1	0,85	1	0,6	0,8	0,56	3,31
Arcos	1	1	0,7	0,49	0,7	0,595	0,4	0,24	0,95	0,665	2,99

Como puede apreciarse, la Alternativa Nº3, correspondiente al ETFE , ha sido la mejor valorada de las cuatro , con una puntuación de 3,31 / 3,85 = 8,6.

Por lo tanto, la opción que se desarrollará será la del ETFE, sobre el que se redactarán más detalles en otros anejos.

ETFE en el Cubo de Agua en Pekín

ANEJO Nº9 – ACCESIBILIDAD

1. INTRODUCCIÓN

El Estadio se encuentra a las afueras de la ciudad, quizá demasiado lejos lo que repercute en la afluencia de pública y en el ambiente los días de partido puesto que no hay apenas vida alrededor del Estadio, excepto por el reciente Centro Cultural Miguel Delibes y el Centro Comercial Carrefour.

El anterior estadio se situaba en el mismo Paseo Zorrilla, en una zona mucho más céntrica y que con total seguridad hubiera tenido más éxito en los días de partido. Quizá el estadio se movió a estos terrenos previendo un crecimiento de la ciudad que luego ha sido un poco menor de lo esperado.

2. DISTANCIAS Y DATOS DE ACCESIBILIDAD

En lo que a datos se refiere, el Estadio se encuentra a más de media hora andando del centro de la ciudad (Plaza Mayor). Está situado en el límite del término municipal, lindando con la Autovía de Castilla A-62 y el término municipal de Zaratán. Toda la ciudad se encuentra por tanto al este y con muchos barrios poblados a más de 45 min a pie. Los únicos barrios que tienen más accesible el ir al estadio andando son Parquesol (barrio muy poblado con grandes torres situado en el cerro al Sur del Estadio), Villa de Prado (de reciente creación al este del C.C Miguel Delibes) y parte de Huerta del Rey.

Por estas razones, la mayoría de la gente que acude al estadio lo hace en coche. Esto supone un gran problema porque los días de partido el tráfico aumenta caóticamente y se producen grandes atascos.

El aparcamiento del Estadio que cuenta con unas 1.200 plazas se queda pequeño para acoger a los más de 20.000 socios, cifra que se ha alcanzó en la temporada 18-19 y que se está superando en esta presente 19-20. Suponiendo, idealmente, que en cada coche van 5 personas, este aparcamiento sólo serviría para 6.000 personas. Es por ello por lo que los aficionados utilizan el aparcamiento del Centro Comercial Carrefour, el del Club de la Raqueta (al norte) y el del Centro Cultural Miguel Delibes, adyacentes al estadio. También se colapsa un carril del ramal de salida a la autovía al sur del Estadio. Se debe comentar que se utilizan zonas no destinadas al aparcamiento como el terreno sin edificar que se encuentra al oeste del aparcamiento.

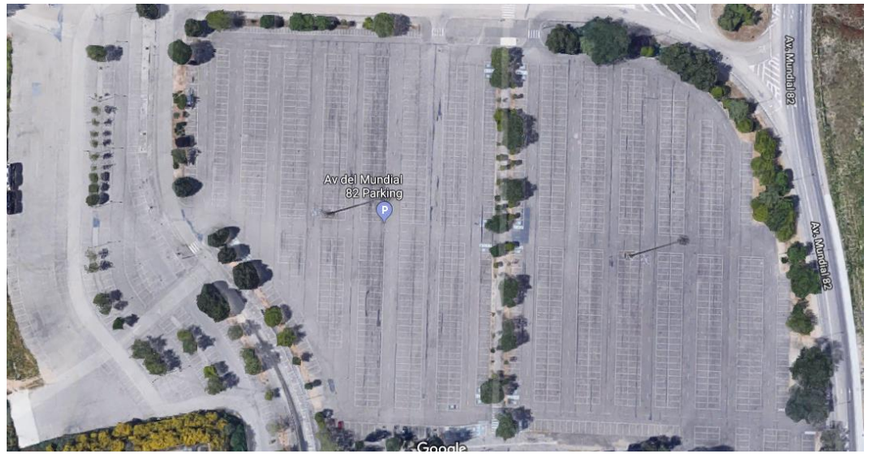


Fig 1 . Aparcamiento del Estadio José Zorrilla

Para transportar a la gente al estadio, el Ayuntamiento facilita el desplazamiento en autobús urbano, fletando 6 líneas los días de partido, que atraviesan la mayoría de los barrios de Valladolid. Además la línea 8 tiene parada en el C.C Miguel Delibes, cerca del estadio. Llegan 15-20 minutos antes del comienzo del partido y parten de vuelta al término del encuentro. Estos autobuses ocupan las plazas de aparcamiento situadas al Este del Estadio.

Fig 2. Autobús AUVASA. Línea 8

También hay unas plazas para alojar a los autobuses que vienen de distintos pueblos de la provincia de Valladolid para transportar a las personas de las distintas peñas repartidas por el territorio pucelano.

3. PROPUESTAS DE MEJORA

Desde este documento se propone una actuación para aumentar las plazas disponibles para acudir al estadio. La zona no edificada antes mencionada supondría un buen incremento de sitios. Vista la creciente ola de afición en la ciudad sería conveniente también habilitar el solar al Noreste para aparcamientos. En una imagen se detallan las zonas actuales de aparcamiento y las futuras propuestas.

En rojo se muestra el aparcamiento "oficial" al norte del Estadio, el aparcamiento del Miguel Delibes, el del Centro Comercial y la congestión del ramal de acceso a la autovía en la que también estacionan coches. En violeta se muestra la zona destinada a autobuses y autocares. Por último, en verde, se marcan los posibles terrenos para añadir plazas de aparcamiento.

También se propone, la instalación de un punto de estacionamiento del servicio municipal de bicis "Vallabici" para fomentar el transporte en este medio y contribuir a preservar el medio ambiente, además de hacer todo el tráfico en general mucho más fluido.

Basándonos en la superficie actual que ocupan 351 plazas, con sus carriles de acceso y separaciones actuales, y midiendo la nueva superficie propuesta en verde, se ganarían aprox. 720 plazas con el terreno al este y aprox. 1290 plazas con el terreno al Noreste (para conseguir la concesión de este terreno habría más dificultades puesto que está declarado Villa tardorromana del Prado) . Esto supondría un total de 2000 plazas nuevas que elevaría la cifra, idealmente, a 16.000 personas desplazadas en coche.

Esquema de elaboración propia explicativo del problema del aparcamiento en el Estadio José Zorrilla

Fig 4. Propuesta de punto de estacionamiento de bicicletas

ANEJO Nº10 – DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo sirve de explicación para la solución adoptada tras realizarse el análisis de alternativas. El contenido versará, en líneas generales, sobre la configuración estructural atípica elegida y el material de cubrición.

Fig 0. Rueda de bicicleta con radios.

2. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

La tipología estructural elegida para este Anteproyecto es la conocida como "rueda de bicicleta" o "spoked wheel roof" en artículos en inglés. Se conoce por este nombre debido a que el aspecto del esqueleto de la cubierta se asemeja al de una rueda de bicicleta, pero colocada en horizontal. Su funcionamiento, análogo al de una bici, se basa en un anillo exterior de compresión (lo que sería la llanta) y un anillo interior de tracción (lo que haría de buje), unidos por unos cables radiales (que harían la función de los tradicionales radios en la bici).

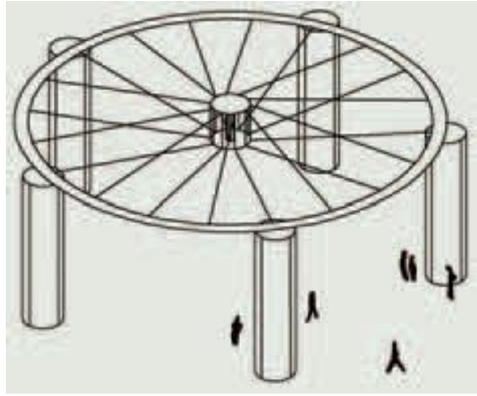


Fig1. Figura explicativa del paso previo al diseño de una cubierta tipo rueda de bicicleta [1].

2.1. BREVE HISTORIA DE LA TIPOLOGÍA

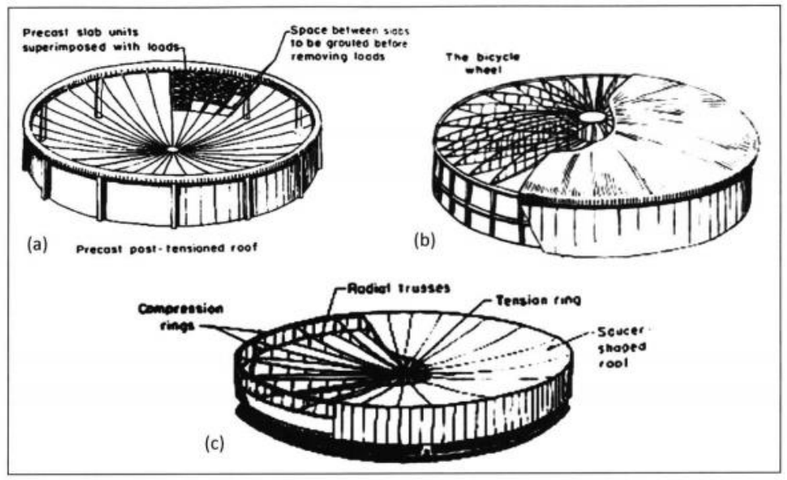
El comportamiento de la cubierta se asemeja, como he mencionado anteriormente, al de una rueda de bicicleta. Hablemos de estas ruedas. De la rueda. La rueda tiene su origen allá por el 3000 a.C , en aquel entonces eran macizas y muy pesadas.

Fig 1. Rueda arcaica

Sobre el 2000 a.C se colocan radios para conectar el espacio central con la llanta exterior. Pero estos radios sólo actuaban a compresión, desaprovechando los que se situaban en la mitad superior de la rueda. No fue hasta principios del siglo XIX, que Sir George Cayley, un ingeniero inglés introdujo la primera rueda "tensionada" más eficiente y ligera que todas las anteriores. Este hecho fue tenido en cuenta por Buckminster Fuller, el inventor americano responsable del concepto Tensigrity (principio

estructural basado en el uso de elementos discontinuos en compresión y elementos continuos en tracción) cuyo nombre es una contracción de Tensional Integrity (Integridad tensional). Fuller notó que el eje compresional y la llanta comprimida estaban separadas y aisladas y solo conectadas por los radios que estaban traccionados, a esto lo llamó integridad tensional [2].

Ciñéndonos al desarrollo histórico de la teoría de rueda de bicicleta (o principio de los radios) aplicada a cubiertas de grandes vanos, aparece por primera vez a comienzos de los años 60. El American Pavilion de Edward Durell Stone en la Expo Universal de Bruselas de 1958, el New York State Pavilion de Philip Johnson en 1964 y la cubierta del Oracle Arena en Oakland diseñada por Skidmore, Owings y Merrill en 1966 son los primeros grandes ejemplos de la aplicación de esta tipología.



'igure 1. Spoke wheel roof configurations: (a) post-tensioned, (b) pre-tensioned with two inner rings + one outer ring, and (c) pre-tensioned with one inner ring + two outer rings (Krishna, 1990)

Fig 2. Tipos de cubierta con el principio de los radios. La cubierta de este proyecto se corresponde con la tercera figura (c). [6]

Es a partir de 1980 cuando se empieza a aplicar a estadios dejando un espacio vacío central debido al terreno de juego, cubriendo solo a los espectadores.

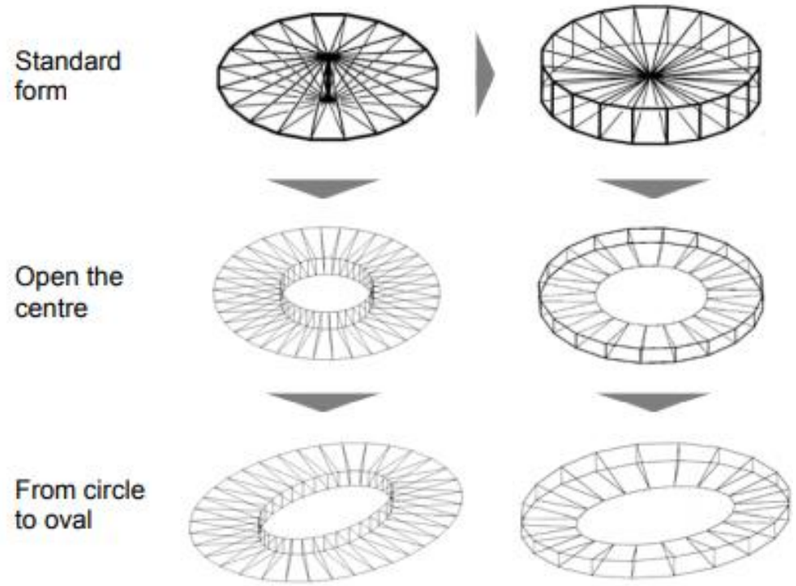


Fig 3. Evolución desde un radio de bicicleta hasta dejar una apertura central con fines a cubrir un estadio de fútbol. Izq 2 anillos compresión y 1 anillo de tracción y dcha. lo contrario.

Grandes arquitectos como Frei Otto (Estadio Olímpico de Munich, 1972) investigaron sobre el tema y sobre las estructuras tensadas con textiles (como en este caso particular el ETFE). Pero fue el también alemán Jörg Schlaich el ingeniero que llevó a este tipo de cubiertas a su máximo esplendor. Con su socio Bergermann formó la empresa *schlaich and bergermann und partner* la cual ha diseñado numerosos estadios con esta configuración. El primer gran exponente fue el Gottlieb-Daimler Stadium (ahora Mercedes-Benz Arena) en Stuttgart. Se trataba de cubrir un estadio existente, garantizando la protección de al menos el 90% de los aficionados, con unas condiciones del suelo bastante pobres y con un espacio reducido. Por ello esta tipología resultó mucho más adecuada que otras con grandes cerchas o vigas en celosía. Estas condiciones son bastante parecidas a las presentes en la problemática actual del Estadio José Zorrilla de Valladolid, objeto de remodelación en este anteproyecto.

Fig 4. Mercedes-Benz Arena en la actualidad. Se aprecia el anillo de compresión y la esbeltez de los apoyos.

Desde entonces un gran número de estadios de fútbol u olímpicos han sido diseñados con esta tipología. Sus ventajas que se citarán en el siguiente apartado hacen que sea una alternativa muy competitiva sobre todo cuando se dan ciertas condiciones de contorno como por ejemplo, suelos con poca capacidad portante, exigencias de poco impacto visual o grandes áreas a cubrir. Muchos de los estadios del Mundial 2010 de Sudáfrica siguieron esta tipología, así como los del Mundial 2016 de Brasil. En gran mayoría de ellos aparece la firma de la empresa alemana dedicada a la ingeniería estructural *sbp*. Se van a citar una serie de ejemplos acompañados de una fotografía.

Fig 5. Estadio de La Cartuja. Sevilla. Esa forma de cubrir con el textil alternando cable superior e inferior le confiere mayor rigidez.

Fig 6. Olímpico de Roma, Italia. Se distingue el anillo de compresión en forma de celosía.

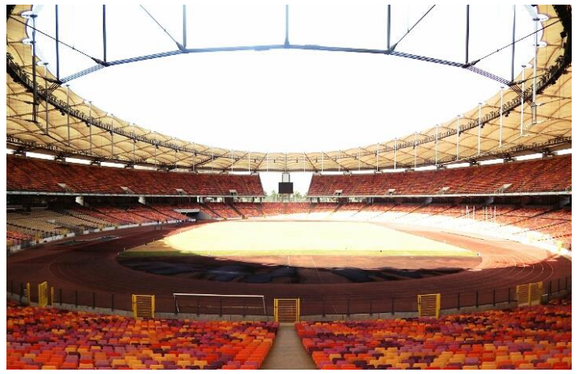


Fig 7. Estadio Nacional de Abuja. Nigeria. Se observan claramente el doble anillo de tracción.

Fig 8. Commerzbank Arena, Frankfurt. Alemania. Caso especial puesto que presenta además una cubierta retráctil que se recoge en el interior.

Fig 9. Estadio Ciudad del Cabo, Sudáfrica. Mundial 2010.

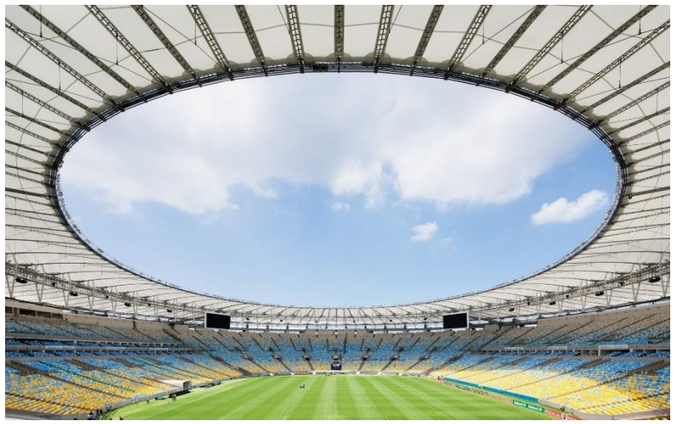


Fig 10. Estadio Maracaná, Río de Janeiro. Brasil. Mundial 2014. Un solo anillo de compresión y hasta tres anillos de tracción.

Fig 11. Estadio Wanda Metropolitano, Madrid. Con dos anillos de compresión y dos de tracción se coloca el material de cubierta (PTFE) con una doble curvatura que aumenta considerablemente la rigidez del conjunto.

2.2. VENTAJAS

La principal ventaja de este tipo de solución para estructuras de grandes dimensiones está en el peso propio. Se va a analizar la figura que se adjunta (Figura 12) [2]. En ella se compara una cubierta tradicional en voladizo (línea continua) con una cubierta siguiendo el principio de rueda de bicicleta (línea discontinua) en cuanto a su peso propio se refiere. El eje vertical representa la cantidad de material requerido (solo peso propio). Se toma como base comparativa, es decir el 100%, una cubierta de voladizo de 35 m. Se aprecia como la cubierta tradicional en voladizo está mucho más influenciada por la luz del vano a cubrir. Esta diferencia se acentúa cuanto más largo es el vano. Por ejemplo para una cubierta de 60m , se necesitan un 400% de acero para una en voladizo mientras que una en rueda de bicicleta sólo exige un 200%. Un ejemplo claro se da entre el antes mencionado Gottlieb - Daimler Arena en Stuttgart y el Nido de Pájaro de Pekín, el primero siguiendo la tipología de rueda de bicicleta tiene una cubierta de 13 kg/m^2 mientras que el famoso estadio chino llega hasta los 700 kg/m^2.

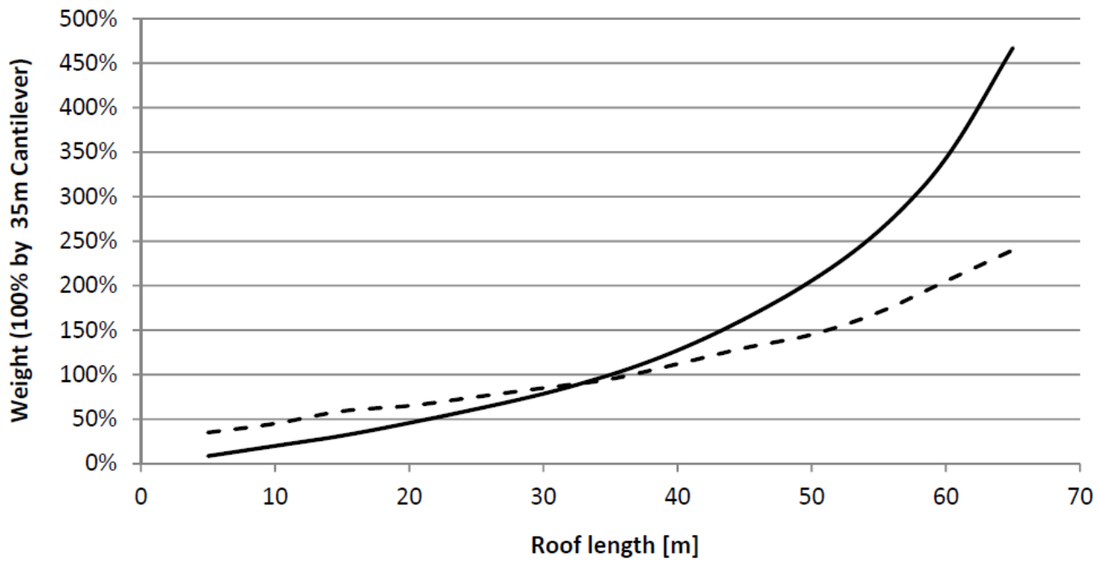


Fig 12. Comparación de peso propio entre ambas tipologías: rueda de bicicleta (- - -) y voladizo (___) . Fuente: Estudio interno de schlaich and bergermann und partner.

Además, como ya hemos mencionado antes por encima, en esta tipología se produce una especie de auto compensación de esfuerzos horizontales, de tal forma que éstos apenas le llegan a los apoyos, circunstancia que unida a la ligereza que le confiere de por sí el sistema, resulta en una reducción del área necesaria en los soportes y en las cimentaciones, aspecto importante este último si el suelo disponible no presume de una gran capacidad portante.

2.3. PRINCIPIO ESTRUCTURAL

El concepto básico de esta configuración es la "auto-compensación" que se produce. Esto se consigue a través de la siguiente disposición: un anillo exterior de compresión, un anillo interior de tracción y unos cables radiales traccionados. Estos cables tiran del anillo exterior hacia el interior comprimiéndolo, con la misma fuerza que tiran del anillo interior hacia el exterior traccionándolo.

La ventaja de la disposición comentada consiste en transferir las cargas externas a los anillos exteriores e interiores consiguiendo un sistema de tracción-compresión muy efectivo para cubrir grandes áreas. La ecuación que gobierna este comportamiento es la conocida fórmula de Barlow:

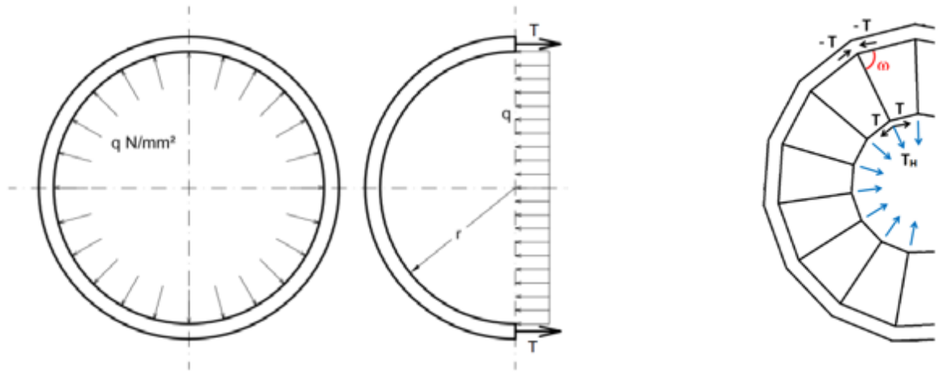


Fig 13. Esquema aclaratorio fórmula de Barlow y su aplicación a una estructura en rueda de bicicleta

$$2T = q \cdot D = 2 \cdot q \cdot r \Rightarrow T = q \cdot r \quad \{1\}$$

$$T_H = T \cdot 2\cos\omega \quad \{2\}$$

En la fig 13 se observa como la tensión en los anillos depende del radio y la carga que representa algo parecido a la tensión de los cables radiales {1}. De esta forma, al aplicarlo a nuestro caso de estudio {2}, tenemos que la tensión (axial) que sufren los anillos es consecuencia del esfuerzo de pretensado de los cables radiales que se redistribuye hacia los anillos en función del ángulo que forma cada alineación de cables con los anillos.

La eficiencia del sistema radica en la forma en planta. La geometría ideal es una circunferencia, pero para el caso que nos interesa que es un estadio de fútbol, la forma circular no se adapta a la forma del terreno de juego ni de los espectadores. En la fig 14 se adjunta un gráfico de la cantidad de acero que se necesita cuanto más difiere la forma del anillo interior del exterior. Cuanto mayor sea esta diferencia, mayor será la cantidad de material necesario puesto que los anillos se llevan mucha más carga.

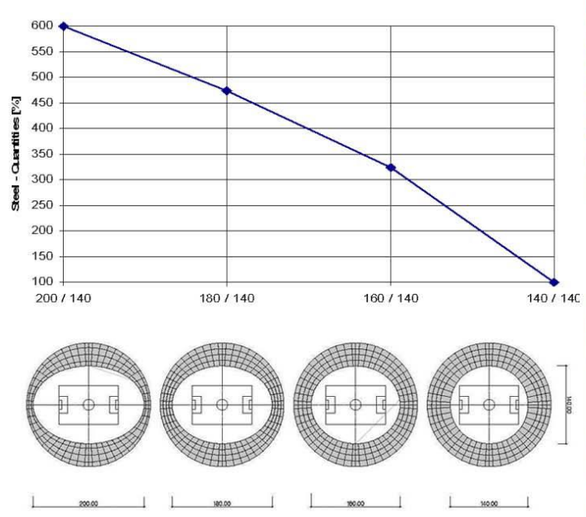


Fig 14. Comparación de material necesario entre 4 estadios con distintas geometrías, de más ovalado (izq) hasta el ideal circular (dcha)

Pasamos entonces a una geometría un tanto ovalada. En el caso de un estadio fútbol llega a ser casi un rectángulo. Cuando esta condición se da, como en este anteproyecto, las esquinas adquieren grandes tensiones en los cables radiales pues el ángulo girado entre cables es alto y el radio pequeño.

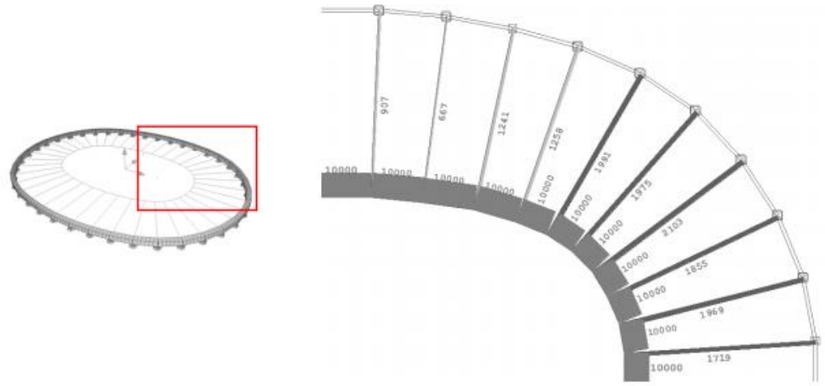


Fig 15. Frente a un esfuerzo pretensado constante en el anillo de tracción, la tensión en los cables radiales de las esquinas aumenta respecto a los demás.

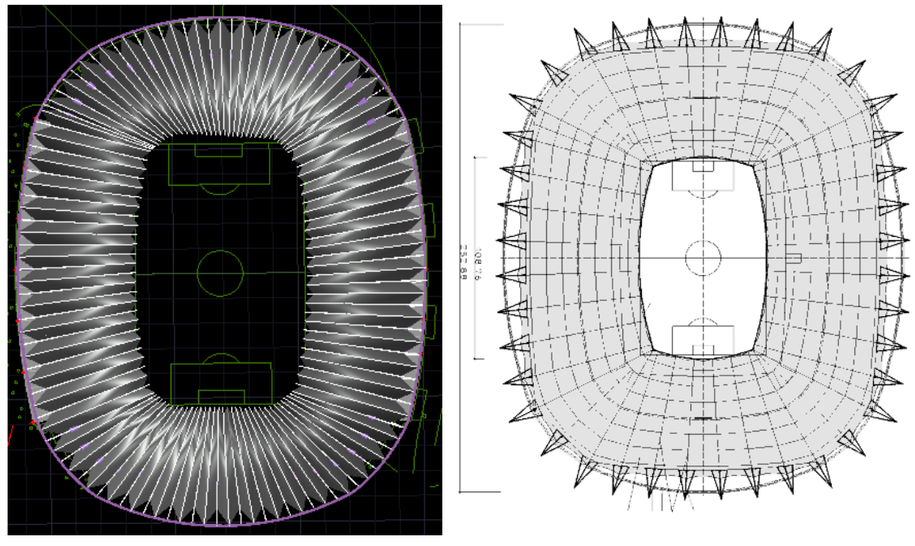


Fig. 16. Semejanza entre la cubierta diseñada en este Anteproyecto y el AOL Arena de Hamburgo. Ambas con un anillo interior casi rectangular.

Cuando el radio es reducido la acción de anillo aumenta, pero cuando el radio se hace grande (tribunas) el sistema pierde eficiencia y los siguientes parámetros son afectados:

$$\sigma = \frac{q \cdot r}{A}$$

$$\delta_o = \int_0^{2\pi r} \varepsilon \, dx = \frac{\sigma}{E} \int_0^{2\pi r} dx = \frac{q\,r}{A\,E} 2\,\pi\,r = \frac{2\,\pi\,q\,r^2}{A\,E}$$

$$\delta_r = \frac{\delta_o}{2\,\pi}$$

Fig 17. Parámetros en función del radio en planta del estadio.

Los anillos sufren mayor esfuerzo axil cuanto mayor es el radio.

La deformación tangencial aumenta cuanto mayor es el radio y además de forma exponencial.

La deformación radial es proporcional a la tangencial, luego también aumenta con el radio.

Además, con el esquema de la Fig 18 se observa claramente como, cuanto mayor es el radio, menos axil se llevan los cables radiales procedente de los anillos, lo cual no interesa.

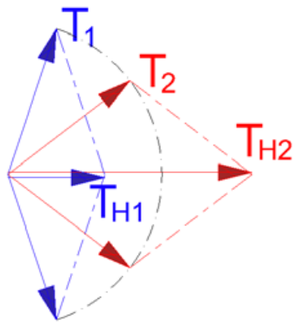


Fig 18. Esquema de fuerzas en los anillos iguales en módulo ($T_1 = T_2$) y la fuerza resultante en los cables radiales ($T_{H2} > T_{H1}$) . Siendo $R_2 < R_1$.

Para poder hacer frente a las cargas tanto de presión como de succión, se deben colocar al menos dos cables a distinta altura. Esto significa que uno de los anillos debe ser doble. En este caso nos centraremos en el caso de anillo de compresión doble y un único anillo de tracción, aunque para este anteproyecto se diseña tanto un anillo doble en compresión como en tracción, el funcionamiento sigue siendo el mismo. Estos cables radiales deben soportar la carga y para ello deben estar altamente pretensados para no entrar en compresión bajo ningún concepto, pues no trabajarían y supondrían el fallo de la estructura. El cable inferior debe tener suficiente tensión para no relajarse ante las cargas de presión y el cable superior suficiente tensión para no dejar de trabajar ante cargas de succión[3].

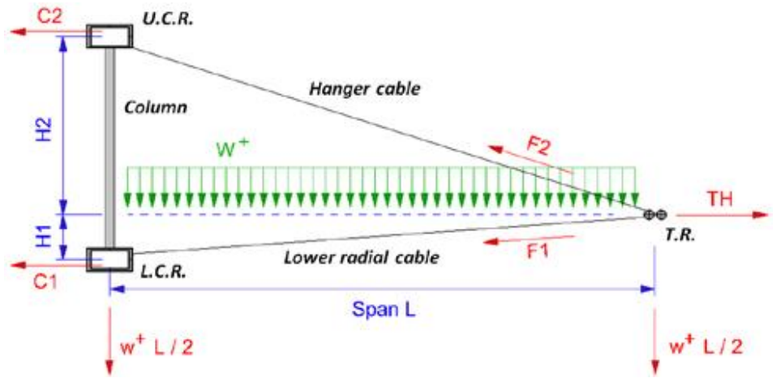


Fig 19. Esquema de cargas en una sección tipo con doble anillo de compresión y uno de tracción.

Este esquema isostático es el elegido para el predimensionamiento de la estructura en este anteproyecto pues cumple con la finalidad de este documento, que es conseguir una primera aproximación a la forma final y un presupuesto estimado.

En la siguiente figura se muestra un esquema que explica la fuerza de pretensado que hay que introducir en los cables radiales para poder hacer frente a las cargas sin entrar en compresión como se ha explicado antes. Dada una carga vertical sentido descendente P , se da una tracción (Z) en el cable superior y una compresión (D) en el cable inferior. Esta compresión se puede eliminar metiendo un esfuerzo de pretensado Vu mayor que D. También se deberá pretensar con Vo para asegurar la compresión 0 en el

cable superior. La suma de Vu y Vo dará como resultado la fuerza de pretensado V en la dirección radial (a) que será distribuida por los anillos como se ve en (b) dentro de la figura.

Se detallará el proceso de cálculo en el Anejo de Predimensionamiento.

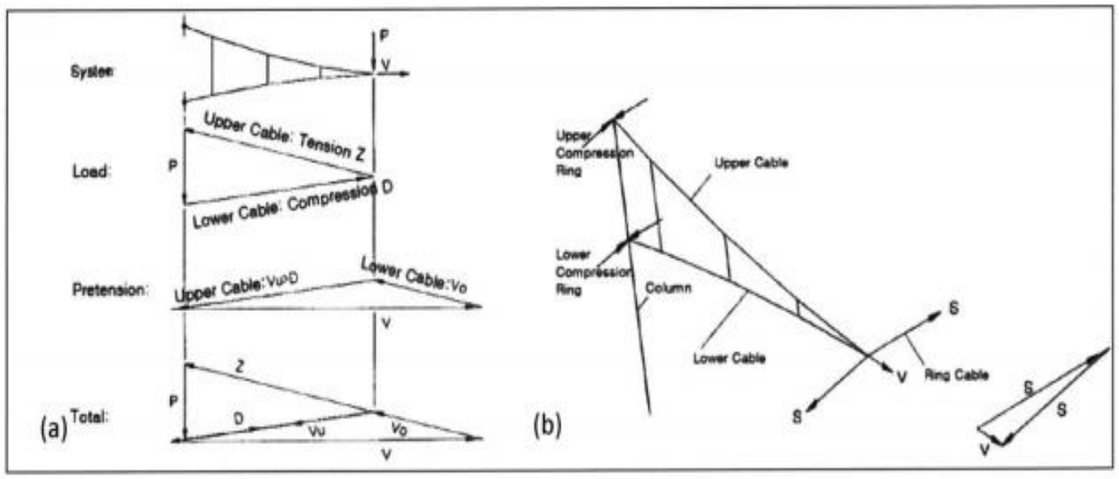


Figure 4. Cable truss action in a pre-tensioned roof system: (a) normal forces in the structural elements and (b) development of radial pre-stress (Bergermann and Göppert, 2000)

Fig 20. Esquema de Bergermann para explicar el sistema de cables tensados.

3. EL MATERIAL: ETFE

El material escogido para la renovación de la cubierta del Nuevo José Zorrilla es el ETFE o Etileno TetraFluroEtileno. Es un copolímero de Etileno y TetraFluoroEtileno. Este último está basado en el mineral natural de la Fluorita que es polimerizado y luego extruido en forma de grano. Volviendo al ETFE, es un copolímero semicristalino sólido transparante y perteneciente a la familia de los termoplásticos.

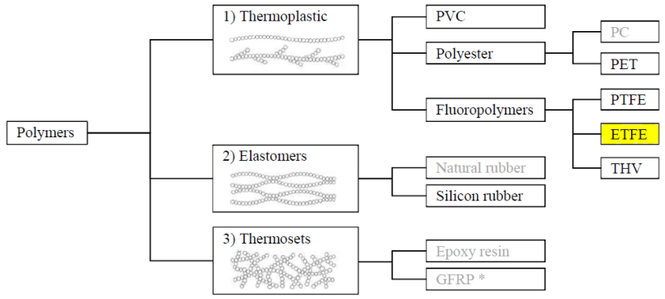


Fig 21. Familia de los polímeros

Se produce calentando los granos de ETFE hasta 340 ^{0}C y prensándolos hasta formar láminas [4]. Cuando está en forma de granos puede ser mezclado con otros pigmentos para darle el color que se prefiera o aditivos que pueden mejorar sus propiedades. El proceso preferido de fabricación es el de extrusión por boquilla plana, donde el material puede alcanzar espesores mayores (hasta 350µm) confiriendo una mejor respuesta ante los esfuerzos, más isotrópico, con menos defectos y más transparente, aunque posteriormente se puede editar para aplicarle cualquier motivo a petición del diseñador.

Debido a su proceso de fabricación, por extrusión con el que se conforman láminas se convierte en un material con infinitas posibilidades de patronaje y con opción de ser enrollado para facilitar su transporte, lo cual abarata los precios de la futura obra.

Cuenta con unas propiedades muy interesantes para aplicarlo en situaciones como la que se nos presenta en este proyecto como lo son: resistencia a la abrasión y a los químicos, resistencia a la radiación, buen comportamiento frente a clima de exteriores y buena respuesta a desgarre. Al ser bastante flexible también responde frente a golpeos puntuales de objetos, pero no tiene gran capacidad de respuesta al punzonamiento. Presenta un buen comportamiento frente a incendios, importante en instalaciones como un estadio donde hay que evacuar a más de 25.000 personas. Tiene un fallo dúctil lo cual garantiza un tiempo disponible para actuar antes de que falle totalmente. Una de las características más importantes: la gran transmisión de la luz del Sol en rangos del espectro visible y de radiación UltraVioleta,(pero no de rayos UVC) necesaria para el cuidado del césped, pero al mismo tiempo protege

a los aficionados del sol, con una baja permeabilidad, cobijándolos con su sombra. Transparencia de un 95% luz visible y 85% luz ultravioleta [5].

Adicionalmente, muestra un gran comportamiento para la fase de explotación, pues gracias a sus características antiadherentes (proporcionadas por el teflón), no requiere apenas limpieza (de hecho, esta se puede hacer ella sola con el agua de lluvia, llevándose la suciedad que haya podido caer sobre la cubierta). Basta, por lo tanto, con darle a la cubierta una forma que permita el desalojo de agua para que no haya que preocuparse por su limpieza.

En caso de rotura, no hay grandes problemas de reparación del material, pues se puede reponer el módulo roto. Es un material fácilmente vandalizable pero en este proyecto no se encontrará a la altura de los aficionados por lo que no será un problema del que preocuparse.

Tiene un peso propio casi despreciable puesto que apenas alcanza 1 kg / m^2. Se presenta en láminas de espesores 150, 200, 250, 300 µm. Presenta un límite elástico en torno a los 18-22 MPa y una elongabilidad en rotura (alrededor de 35-50 MPa) muy alta (de hasta un 300%). Su buen comportamiento a tracción y su posibilidad de introducir un pretensado lo convierten en un material a tener en cuenta. Se pueden presentar en forma de lámina o en forma de neumático con una presión interior. Por lo tanto, puede servir tanto de material de cubrición como de cerramiento de fachada Como por ejemplo en San Mamés, Anoeta o el Allianz Arena. A continuación, se muestran algunos ejemplos de utilización de este material tanto en estadios de fútbol como en otras construcciones.

Fig 22. Panel ETFE a falta de tensar

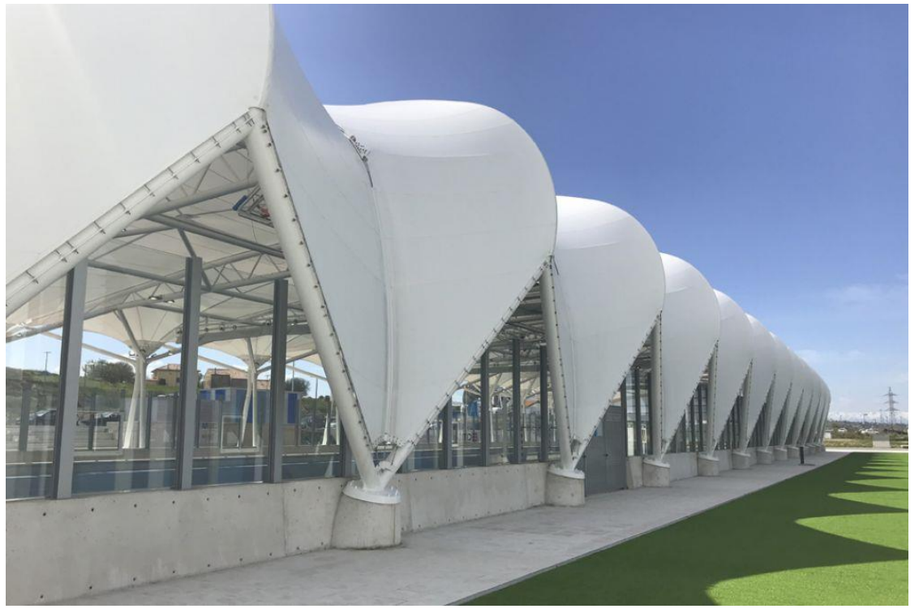


Fig 23. Universidad del Atlántico, Santander. Arenas y Asociados

Fig 24. Cúpula del Centro Comercial Vallsur, Valladolid. Cojines hinchables de ETFE. IASO.

Fig 25. Cúpula del Milenio, Valladolid. Arenas y Asociados.

Fig 26. Estadio Allianz Arena, Munich. Alemania. Cerramiento ETFE

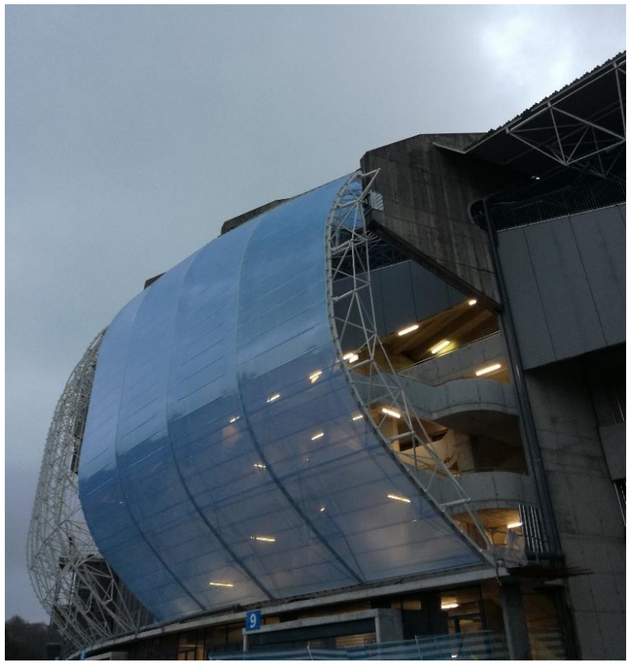


Fig 27. Cerramiento exterior del Estadio Anoeta, San Sebastián. Arenas y Asociados. Fuente propia

4. CASO PARTICULAR: NUEVO JOSÉ ZORRILLA

Para el diseño de la nueva cubierta para el Estadio José Zorrilla me he basado en una de las mejores obras recientes de esta categoría, los estadios con cubierta de rueda de bicicleta, el Wanda Metropolitano de Madrid. Dispongo de algunos documentos en referencia a él y me han servido de ayuda para poder proyectar una solución en este anteproyecto aplicado al estadio vallisoletano.

Una de las premisas del diseño fue aprovechar la estructura existente de las tribunas para apoyar el anillo de compresión. Para los fondos se diseñarán nuevos apoyos puesto que las nuevas dimensiones de la cubierta hacen que la estructura actual del Fondo Norte no sea útil.

Se aclara que para una mejor presentación y al mismo tiempo mayor sencillez, se optó por un fondo Sur simétrico al Norte, conformando un cerramiento completo y una continuidad en planta que hace posible el diseño de una cubierta completa en forma de rueda de bicicleta.

Para poder trabajar en la instalación de la nueva cubierta, se tendrán que acondicionar los aledaños del estadio para poder servir de taller para montar las piezas del anillo de compresión, depositar las membranas de ETFE, servir de apoyo a las grúas… Para ello se tendrá que cubrir el vial de acceso semi-subterráneo (figura 29) que tiene el club por el sur del Estadio. Se aconseja la colocación de una gran losa pretensada en toda el área que haya que cubrir y una excavación de unos cuantos metros para poder seguir circulando después de colocar esta losa. Además, se gana más área útil para el futuro de acceso de los aficionados.

En la fig 28. se adjunta la cartografía actual del Estadio acompañada de la planta que seguirá la nueva cubierta (en blanco). También se señaliza el actual vial de acceso que empieza a perder cota desde antes de la punta de la flecha, provocando un efecto barrera. Se puede ver que hay una zona que queda en el área en planta de la cubierta, luego habrá que tener en consideración esa zona para diseñar bien los apoyos.

También se deberá proceder al desmontaje de la cubierta existente (sus cerchas y tirantes), la demolición de los pilonos de las tribunas, el desmontaje de las torres de iluminación y de las luminarias incorporadas en las tribunas y cualquier elemento tipo tabique o forjado que obstruya la colocación de la nueva cubierta. Se deberán talar los árboles y desbrozar el terreno existente en el fondo sur, visible en la figura 24.

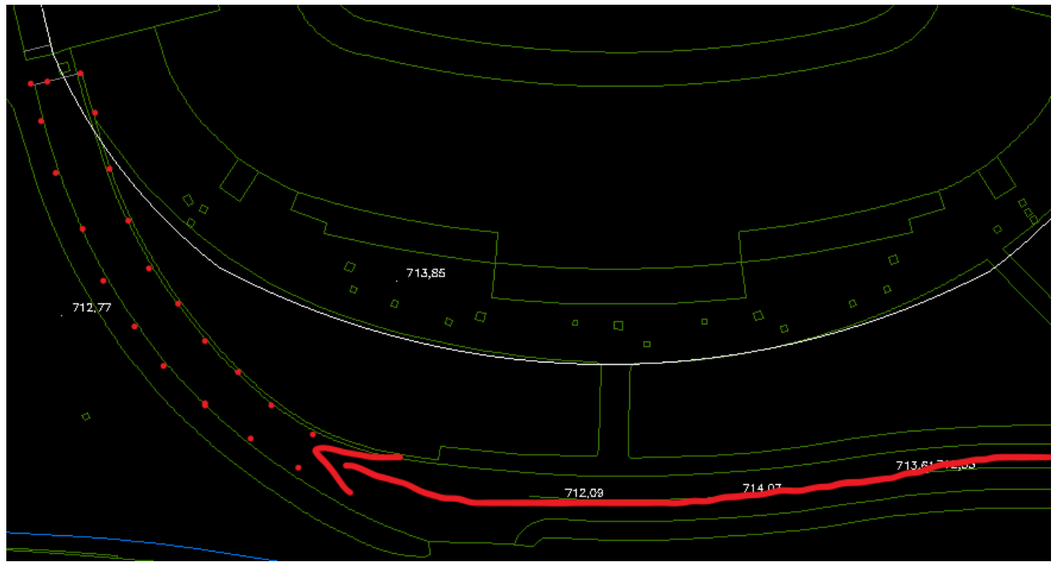


Fig 28. En rojo se marca el vial de acceso que tiene que ser cubierto para poder trabajar en ese fondo.

Fig 29. Vial de acceso que deberá ser cubierto con una losa. También árboles y terreno que desbrozar.

4.1. ANILLO DE COMPRESIÓN

Para este anteproyecto se ha diseñado un doble anillo de compresión en forma de celosía con una separación entre el anillo superior y el inferior de 10 m. El anillo está compuesto a su vez por un anillo superior y dos inferiores, formando un triángulo. La distancia entre los anillos inferiores es de aprox. 7 m. Se ha optado por un acero S450 J2 con unas dimensiones de 1 x 1 m en el anillo superior y 0,6 x 0,6 m en el anillo inferior con espesores de chapa desde 20mm hasta 40mm. Los perfiles metálicos que completan la celosía rigidizándola en el plano horizontal entre anillos inferiores y en el vertical entre alineaciones consecutivas tienen unas dimensiones de 0,6 x 0,6 m. Se apoyará la celosía cada tramo, es decir un soporte cada 5,032m, al cual se transmitirá la carga vertical y el esfuerzo térmico mediante una pieza especial de neopreno. El soporte será un tubo estructural.

Fig 30. Anilo de compresión en el Wanda, se observa el contraste entre el tamaño de los obreros y el de la estructura.

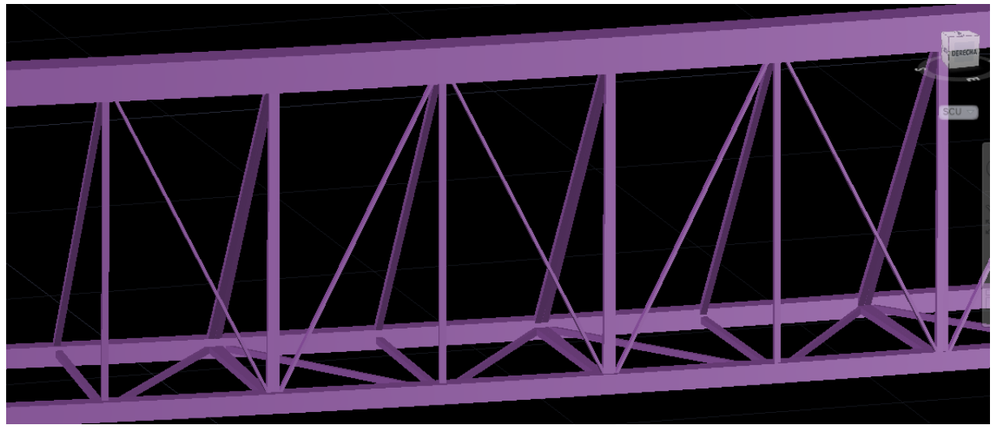
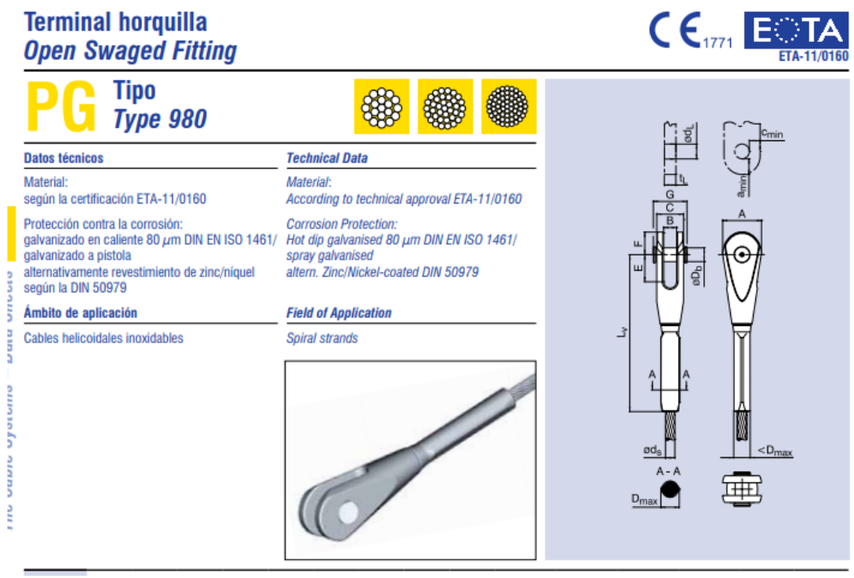


Fig 31. Anillo de compresión diseñado para la nueva cubierta

El anillo recibe los cables radiales a distintas alturas alternando anillo superior – anillo inferior por cada alineación. La unión se produce con una horquilla y una pieza de acero de alta resistencia.



Terminal horquilla
Open Swaged Fitting

CE 1771 EOTA ETA-11/0160

PG Tipo / *Type 980*

Datos técnicos
Material:
según la certificación ETA-11/0160
Protección contra la corrosión:
galvanizado en caliente 80 µm DIN EN ISO 1461/
galvanizado a pistola
alternativamente revestimiento de zinc/níquel
según la DIN 50979

Ámbito de aplicación
Cables helicoidales inoxidables

Technical Data
Material:
According to technical approval ETA-11/0160
Corrosion Protection:
Hot dip galvanised 80 µm DIN EN ISO 1461/
spray galvanised
altern. Zinc/Nickel-coated DIN 50979

Field of Application
Spiral strands

Fig 32. Horquilla del catálogo PFEIFER.

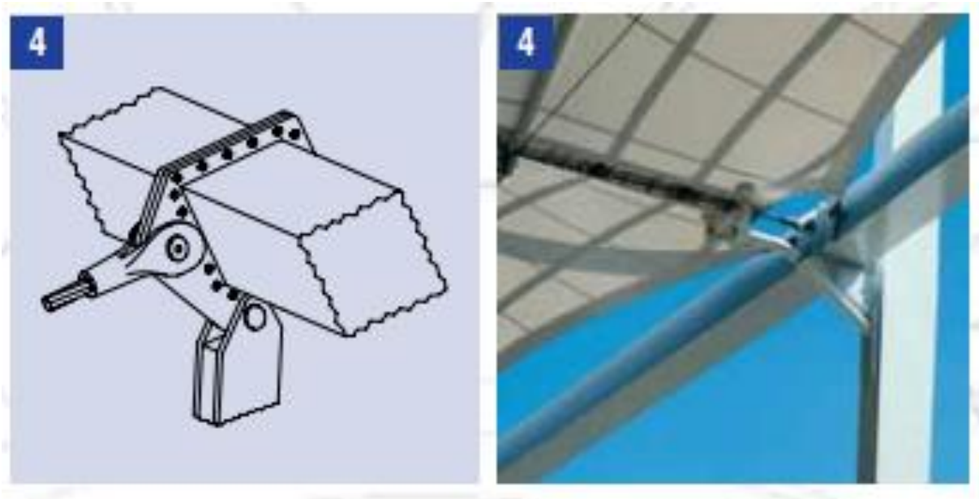


Fig 33. Conexión del cable radial a la estructura de acero.

Se colocará unos 2- 3 m por encima de la cota superior de Tribuna y sobre unos apoyos de neopreno dimensionados en el anejo de Cálculo. Se propone además una pequeña estructura auxiliar con una especie de rejilla que cuelgue del perfil que une los anillos de compresión inferiores para cubrir la estructura en celosía dándole un aspecto más estético.

Fig 34. Propuesta de mejora estética en anillo de compresión.

4.2. ANILLO DE TRACCIÓN

El anillo de tracción está conformado a su vez por dos anillos a distintas alturas, separados unos 5 m verticalmente. Estarán formados por 5 cables PV 1340, cables cerrados con protección galvanizada de alta resistencia que soportarán una carga de 7000 kN cada uno y se encargarán de dotar de suficiente tensión a los cables radiales (los cuales reciben por medio de terminales horquillas similares a las del anterior apartado, ver fig. 36) para soportar las cargas estando siempre en estado de tracción sin alcanzar compresión. Una placa de unión mantiene la separación entre los cables que forman el anillo de tracción (ver fig 37 y 38) Todos los elementos cuentan con una protección contra la corrosión alta.

Fig 35. Detalle del doble anillo de tracción con montantes para fijar la separación entre ellos.

El espacio entre ambos anillos de tracción será cubierto por triángulos de ETFE en el lado interior y por unas lamas de membrana en su cara frontal. Además, este espacio alojará las nuevas luminarias, siguiendo las recomendaciones FIFA y mejorando la iluminación del terreno de juego. El anillo inferior también soportará la pasarela de mantenimiento.

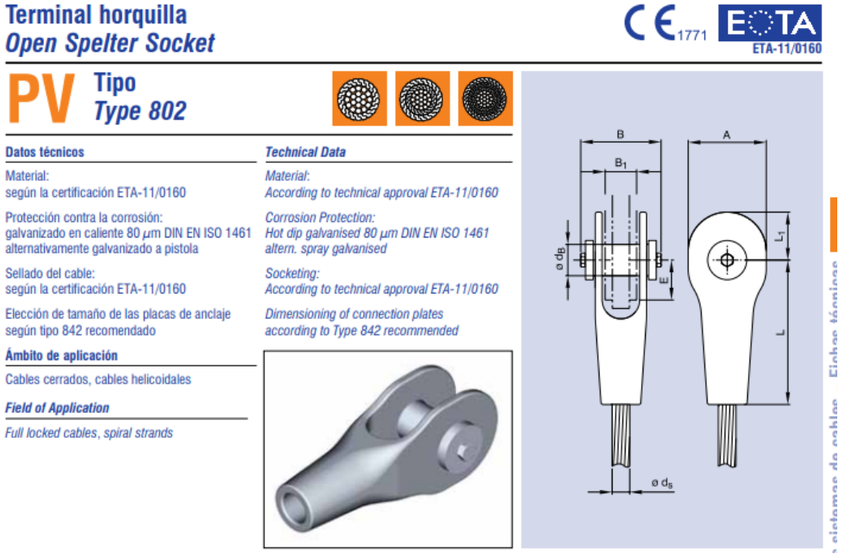


Fig. 36 Terminal horquilla alta resistencia.

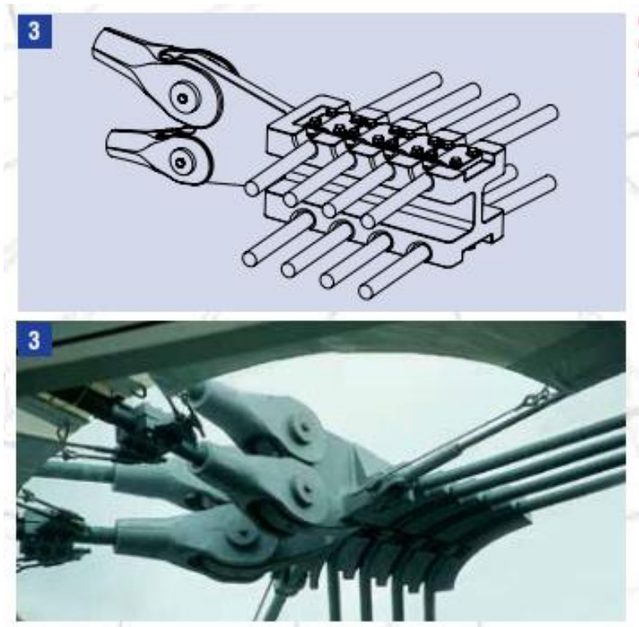


Fig 37. Conexión del cable radial al anillo de tracción. Terminal Horquilla y placa de unión.

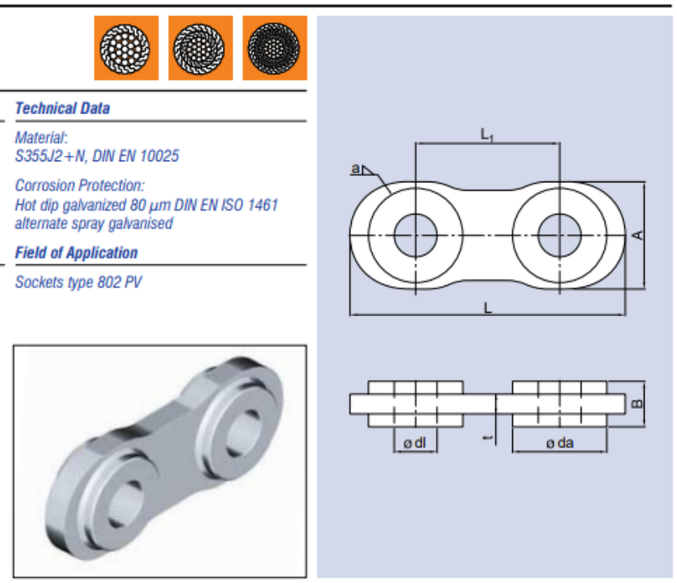


Fig 38. Placas de unión para el anillo de tracción

4.3. CABLES RADIALES

En esta configuración se alternan como se ha comentado anteriormente desde el anillo de compresión inferior hasta el anillo de tracción superior y en la siguiente alineación desde el anillo de compresión superior hasta el anillo de tracción inferior, formando una especie de zig – zag que le da canto a la cubierta y donde se obtiene una doble curvatura que confiere mayor rigidez al ETFE anclado en toda su longitud entre alineaciones de cables. Además, se consigue un efecto visual bastante agradable a la vista. En 4 de las 121 alineaciones propuestas se instalarán pasarelas radiales de mantenimiento que discurrirán por encima de estos cables.

Fig 39. Cables radiales en el Wanda Metropolitano.

Para el cable radial que deberá estar pretensado a 7500kN se escoge un cable PV 1340 con carga admisible de 8121 kN, estando del lado de la seguridad.

Cable cerrado – GALFAN
Full Locked Cable – GALFAN

CE 1771 EOTA ETA-11/0160

PV

VVS-1 VVS-2 VVS-3

Datos técnicos	Technical Data
Material: Acero de calidad no aleado	*Material: unalloyed quality steel*
Módulo de elasticidad: 160 ± 10 kN/mm²	*Modulus of Elasticity: 160 ± 10 kN/mm²*
Tolerancia d_S: + 3%	*Tolerance d_S: + 3%*
Protección contra la corrosión: Capas internas: galvanizado en caliente con relleno Capas exteriores: galvanizado GALFAN sin relleno	*Corrosion Protection: inner layers: Hot dip galvanised with inner filling outer layers: GALFAN coated without inner filling*

Fig 40. Cable PV cerrado para anillo de tracción y para cables radiales.

Será un solo cable por alineación de alta resistencia, cerrado, con protección galvanizada en caliente en las capas internas y galvanizado GALFAN sin relleno.

Se hace en la figura 41 una distinción entre el cable utilizado para el ETFE y los cables radiales y del anillo de tracción. El primero es un cable helicoidal abierto recomendado para mientras que los segundos son cables cerrados con mayor protección de los cables interiores. El catálogo PFEIFER muestra una serie de aplicaciones para ambos tipos. (ver fig 42 y 43)

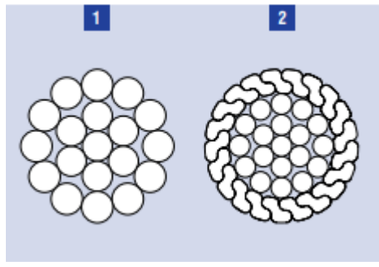


Fig 41. Cable abierto y cerrado.

Cables cerrados

Aplicaciones de los cables cerrados:

- Cables portantes – cables colgantes cables de estabilizadores — en la construcción de puentes
- Cables portantes – cables tensores — en estructuras de cables
- Cables de borde — en mallas de cables
- Cables de arriostramiento — para pilones, mástiles y antenas
- Cables de estabilizadores — para tirantes de madera o de acero

Las ventajas de los cables cerrado son:

- elevado módulo de elasticidad
- alta resistencia a la presión superficial
- superficie cerrada alrededor, de ahí la buena protección del interior del cable contra la corrosión

En este tipo de cable el núcleo está compuesto por varias capas de hilos redondos y las capas exteriores están formadas por hilos en Z. Estos perfiles del hilo enlazados entre sí forman una superficie lisa y cerrada impidiendo la penetración de materias indeseadas al interior del cable.

Fig 42. Aplicaciones cable cerrado (PV)

Cables helicoidales abiertos

Aplicaciones de los cables helicoidales abiertos:

Cables de arriostramiento	para antenas, chimeneas
Cables portantes – cables de borde	para estructuras planas ligeras de soporte de carga
Cables colgantes	en puentes colgantes
Cables de equilibrio	para tirantes de madera o de acero
Cables portantes cables estabilizadores	en mallas de cables
Cables para barandillas	en barandillas de escaleras, balcones, puentes y caminos

Fig 43. Aplicaciones cables helicoidales abiertos

4.4. ETFE

El material que cubrirá las gradas del Estadio José Zorrilla será el ETFE patronado en bandas de 5 m de ancho por 0,87 m de largo. Como el ETFE no trabaja por si solo en dos direcciones, se le añaden unos cables cada 0,87 m introducidos dentro de bolsillos. Estos cables le transmitirán la tensión suficiente para poder soportar las cargas de viento y nieve, mucho mayores que el peso propio, casi despreciable.

El espesor del material será de 300 µm y será colocado entre cables radiales formándose una doble curvatura que mejorará la rigidez general del sistema de cables. El color del ETFE será blanco. Se propone una futura remodelación de la fachada con ETFE como cerramiento, dándole una envolvente más moderna y sofisticada al estadio. No será objeto de este estudio.

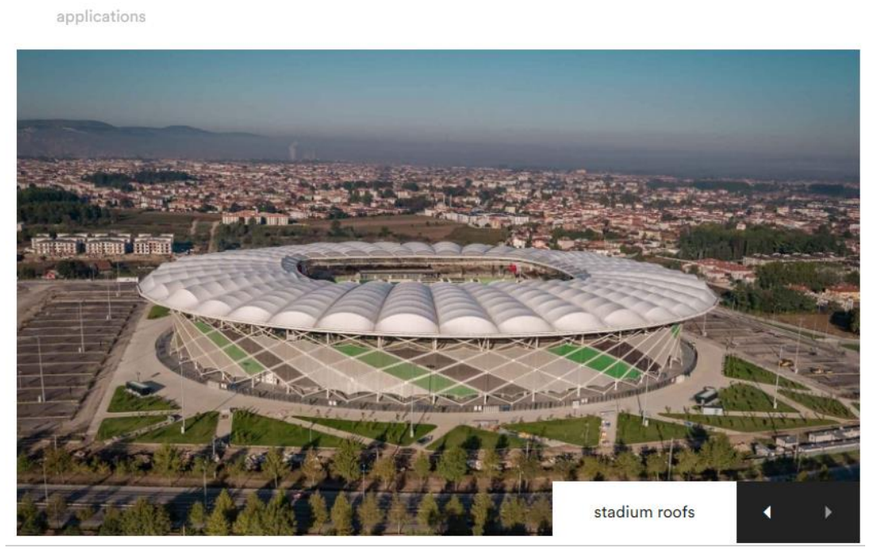


Fig 44. Estadio con cubierta y cerramiento de ETFE

5. PROCESO CONSTRUCTIVO

Se detallará el proceso a seguir durante la construcción de esta nueva cubierta. Obviamente, el primer paso sería asegurar las zonas donde se van a situar las grúas y adecuarlas para soportar las cargas venideras. Seguidamente se procedería al desmontaje de las luminarias, las torres de iluminación, los paneles de la cubierta y los tirantes. A continuación, se demolerían los pilonos de hormigón, así como el tabique de última altura. En los fondos se acondicionará la zona sur mediante un desbroce y se asegurarán las zonas donde vayan a recaer los apoyos de la cubierta para excavar y colocar las cimentaciones. Una vez realizados todos estos trabajos previos de demolición y acondicionamiento, se procederá al verdadero proceso constructivo de la nueva cubierta.

1º Montaje de prueba: Para alcanzar la geometría correcta del anillo de compresión y acelerar la construcción, todos los segmentos deben ser montados de prueba con tres segmentos continuos sobre el suelo:

Fig 45. Montaje de prueba en tierra de varios segmentos

- Montaje de un segmento soldando todos sus componentes
- Atornillar placa final A a la placa final B del segmento ejectuado.
- Construcción del segundo segmento adjunto al primero.
- Repetir los dos pasos siguientes.
- Construir el tercer segmento adjunto al segundo segmento de la misma manera que en el 2º guión
- Desatornillar el primer segmento e instalarlo en la cubierta.

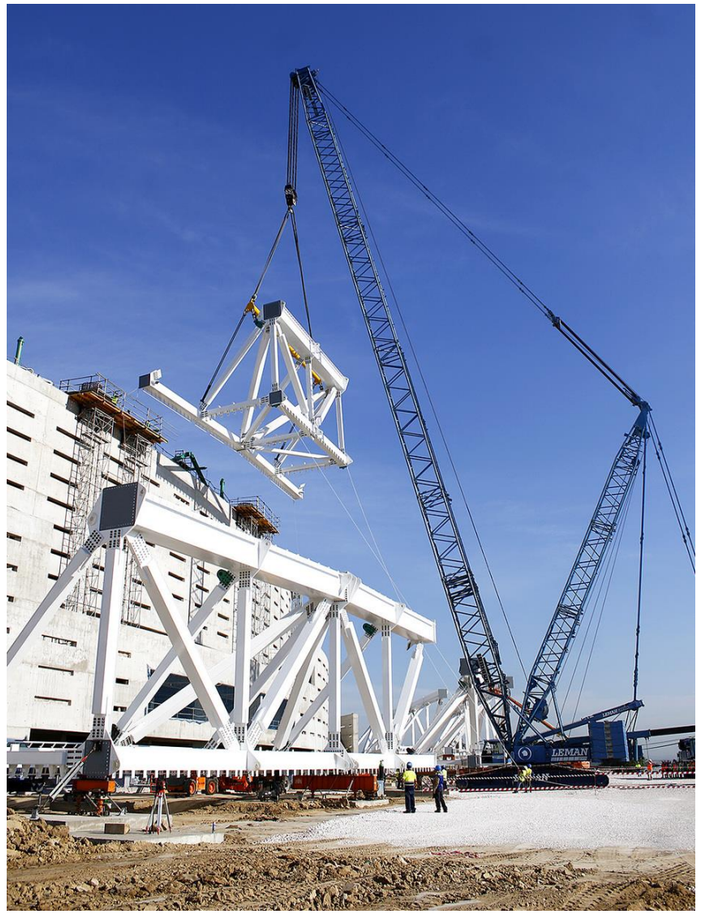


Fig 46. Montaje en tierra en el exterior y proceso de izado con gran grúa

2º Construcción del anillo de compresión: el peso de los segmentos individuales del anillo de compresión alcanza en este caso las 30 toneladas. Tienen que ser elevados por grúas pesadas y,

por lo tanto, se debe disponer de suficiente espacio y capacidad portante del terreno alrededor del estadio durante esta fase como se ha comentado anteriormente.

Fig 47 Elevación de tramos del anillo de compresión con grúas pesadas.

Cada segmento será atornillado al segmento precedente mediante soportes temporales, que deben mantenerse hasta que se construya el número de apoyos permanentes suficientes.

Fig 48 Se aprecia un soporte definitivo sin acabar y otros muchos temporales, en verde, con el anillo de compresión colocado en su posición final-

3º Izado del anillo de tracción: Los cables radiales habrán sido colocados minuciosamente sobre las gradas en su posición final y conectados a los cables del anillo de tracción, que también se encontrarán en el suelo, en el interior del terreno de juego.

Fig 49 Detalle de los dos anillos de tracción, uno colocado en el suelo y otro ya comenzado su izado

Cuando estén todos en su posición correcta, se elevarán los anillos de tracción tensando los cables radiales con extrema precisión, todos al mismo tiempo, con unos gatos hidráulicos desde el punto más alto de las gradas, a la altura de anillo de compresión. Más adelante se procederá a la conexión de ambos anillos de tracción.

Fig 50 Colocación montantes conexión ambos anillos.

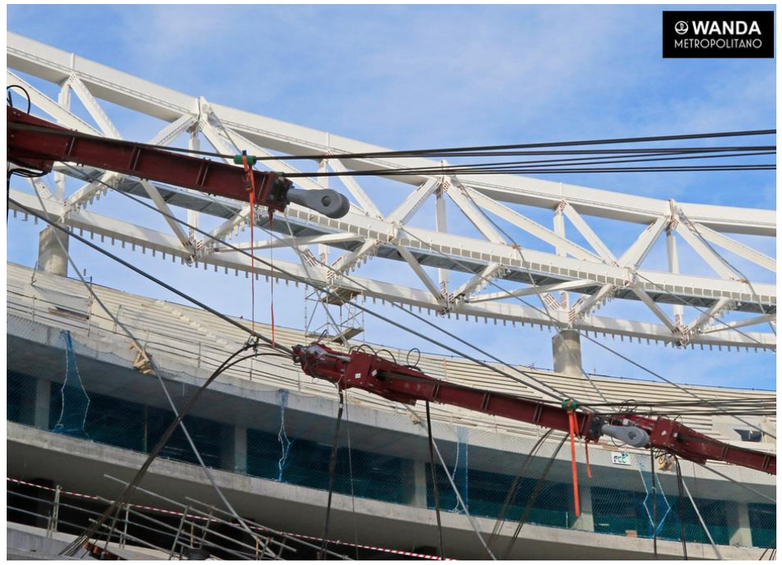


Fig 51 Detalle de los gatos hidráulicos que tensan los cables radiales.

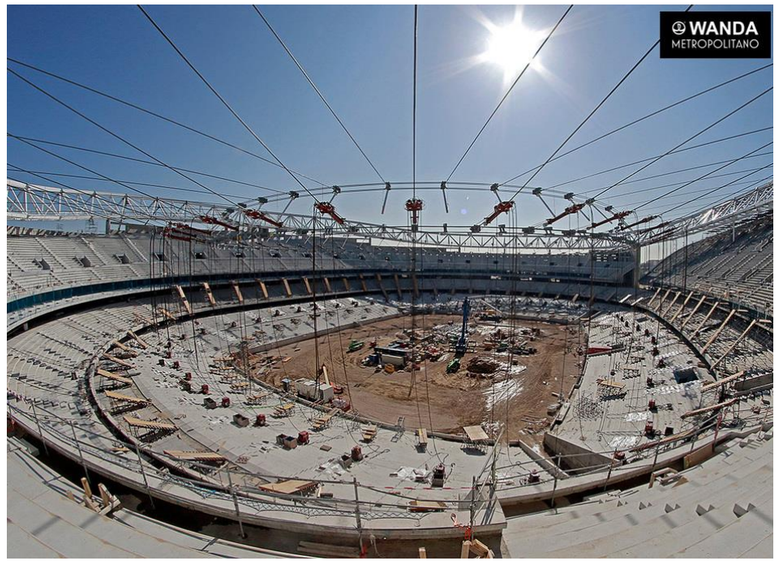


Fig 52 Anillos de tracción ya izados en su posición final. Restos de las guías en las gradas.

4º Colocación de los paneles de membrana: Una vez estén izados los anillos de tracción conectados a los cables radiales ya en tensión y comprimiendo el anillo de la celosía, se procederá a la colocación de los paneles individuales de la membrana de ETFE para su posterior tensado.

Fig 53. Colocación membrana ETFE, trabajos en altura

Fuentes:

[1] “Una rueda de bicicleta” por Jesús de la Peña Hernández en Anales de mecánica y electricidad, Septiembre-Octubre 2004.

[2] “Conceptual and structural design of adaptive membrane structures with spoked wheel principle – folding to the perimeter”. Motoi Masubuchi, Berlin 2013.

[3] “Predimensioning sub-space for spoke-wheel roofs” - Adrian Cabello , Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures . Diciembre 2017.

[4] Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures - European Commission Joint Research Centre. Institute for the Protection and the Security of the Citizen.

[5] Proceso, recomendaciones y guía para el diseño, montaje e instalación de la lámina ETFE. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

[6] Structural Performance of Spoke Wheel Roof Systems By Harry Kim . Trabajo Fin de Grado del MIT (Massachusetts)

ANEJO Nº11 – PREDIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es realizar un dimensionamiento general de la estructura, justificándolo con cálculos sencillos y sin llegar a profundizar en el cálculo completo de la estructura, tarea a realizar durante la fase de proyecto habiendo definido bien todos los componentes de la estructura. En concreto se van a calcular: las membranas de ETFE, los cables del ETFE, los cables radiales, los cables del anillo de tracción , la celosía del anillo de compresión y los apoyos.

Los cálculos realizados en el presente anejo se han hecho de manera conforme a los siguientes documentos:

- CTE - Documento Básico SE-AE (Seguridad Estructural - Acciones en la edificación).
- CTE - Documento Básico SE-A (Seguridad estructural – Acero).
- CTE - Documento Básico SE-C (Seguridad estructural – Cimientos).
- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).
- Guía para diseño de Estructuras Tensadas Tensinet.
- Eurocódigo (estándares EN 1990 – EN 1999)

2. CARGAS

Siguiendo el Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación del Código Técnico de la Edificación, la estructura es catalogable como “cubierta ligera”, pues la carga permanente debida al cerramiento es inferior a 1 kN/m2. De hecho, el peso propio de una lámina de ETFE de 300 µm (la que se va a utilizar en este proyecto) es de 10,5 N/m2, muy inferior.

2.1. SOBRECARGA DE USO

Las sobrecargas de uso a ser consideradas se establecen en la tabla 3.1. de dicho Documento Básico. La cubierta no es transitable ni tan siquiera para mantenimiento, (aunque sí que se deben prever pasarelas de conservación que se alinearán con algún cable radial, aunque este problema no se aborda en este proyecto). Tiene una inclinación de unos 5 ° (inferior a 20 °) por lo que se ha escogido una sobrecarga de uso de 1 KN / m^2

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m^2]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 (1)
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente (2)			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación (3)	G1(7)	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1(4)(6)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) (5)	0,4(4)	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Fig 1. Valores sobrecarga CTE

2.2. VIENTO

En cuanto al viento, es la carga que más esfuerzos aporta a la estructura y a la que más atención hay que prestar. Para el futuro proyecto se requerirá un Estudio de Viento para verificar la idoneidad de las cargas de viento supuestas y garantizar de este modo, la integridad estructural de la nueva estructura de

cubierta del Estadio José Zorrilla. En este caso, he consultado dos normativas/ guías diferentes: el CTE – DB – SE – Acciones y la guía para Estructuras Tensadas Tensinet. En primer lugar, se describirán los criterios que dicta el CTE:

La carga de viento es la resultante de la multiplicación de tres factores: la presión dinámica, el coeficiente de exposición y el coeficiente eólico o de presión.

La **presión dinámica** según el Anejo D.1 es **0,42** para la zona geográfica en la que se encuentra Valladolid (Zona A). Este número es resultado de elevar al cuadrado la velocidad básica del viento y multiplicarlo por la densidad del aire y por 0,5.

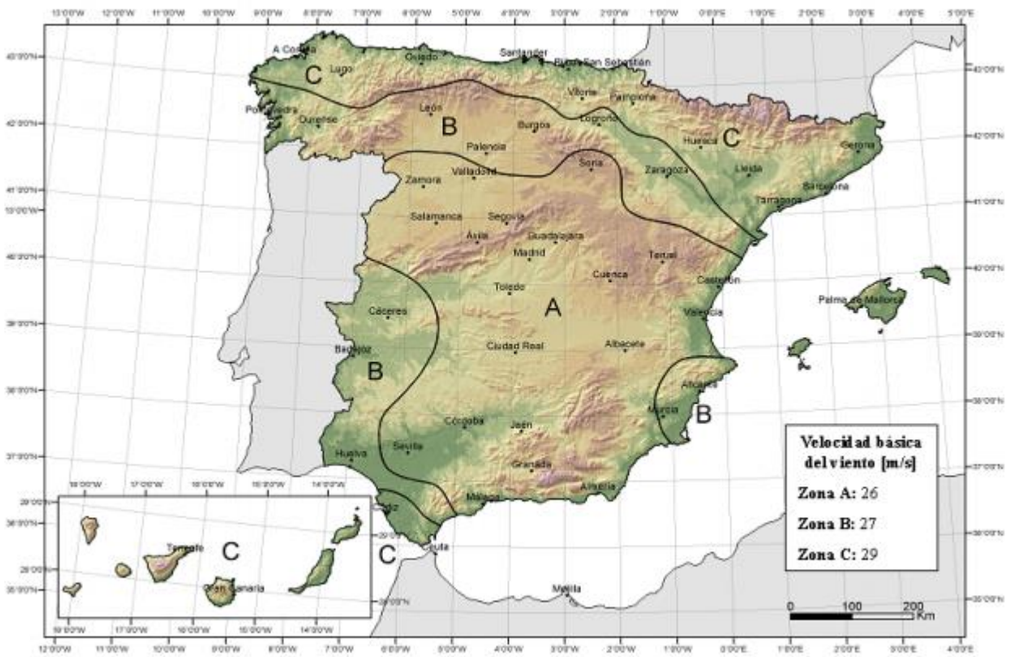


Fig 2. Velocidad básica del viento según situación geográfica. CTE

El coeficiente de exposición es función de tres parámetros basados en el tipo de suelo y orografía que rodea a la construcción a estudiar. En este caso se ha elegido una zona IV en la tabla D.2 , considerando que el estadio está en una zona urbana pero apenas edificada. El coeficiente de exposición será:

$$c_e = F \cdot (F + 7\,k)$$
$$F = k \ln (\max (z,Z) / L)$$

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

	Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
		k	L (m)	Z (m)
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Fig. 3. Coeficientes dependiendo del entorno. CTE

Tomando los valores pertenecientes a la zona IV y sabiendo que la cubierta proyectada estará a una cota de unos 30 metros, en la fórmula de la página anterior se obtiene un **coeficiente de exposición** de **2,587**.

En el coeficiente de presión exterior , C_p , es donde se encuentran las incertidumbres al ser la cubierta una construcción singular. Si seguimos el CTE y lo tomamos como una marquesina a un agua (Tabla D.10) con una inclinación 5° , encontramos un valor máx de presión de 2,1 y un valor máximo de succión de 2,5. Se ha escogido el valor máximo sin atenernos a las zonas para simplificar el cálculo y al mismo tiempo estar del lado de la seguridad.

Con estos valores, la carga de viento sería: 2,28 KN / m^2 a presión y 2,71 KN / m^2 a succión. Como vemos predomina la succión.

			Coeficientes de presión exterior		
			$c_{p,10}$		
Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Zona (según figura)		
			A	B	C
5º	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5

Fig 4. Tabla D.10 Marquesinas a un agua. CTE

Por otro lado, si miramos la guía Tensinet, encontramos una serie de estudios sobre cubiertas tensadas en estadios de fútbol. Están clasificados por su forma en planta. En este caso el coeficiente de presión toma distintos valores dependiendo de esa geometría. A su vez, la cubierta se divide en anillos concéntricos nombrados con a,b,c y d del más exterior al interior Se presentan también tres direcciones del viento: 0 , 45 y 90°. La dirección principal del viento en Valladolid es NE-SW por lo que se opta por elegir 45º. Para este proyecto se ha elegido el Tipo II, al que más se asemeja el Nuevo José Zorrilla.

Si prestamos un poco de atención, todos los valores de la tabla son negativos, lo que representa un valor a succión. Esto se debe a que esta guía está dedicada exclusivamente a Estructuras Tensadas con materiales textiles y membranas cuyo peso propio, factor que sirve de ayuda contra la succión en las estructuras tradicionales, es muy reducido, casi despreciable. El CTE, por el contrario, está dedicado a estructuras de edificación donde el peso propio del hormigón o el acero pueden hacer frente a la succión.

Cada zona a,b,c y d representa un área de la cubierta. La zona c representa un 50 % siendo la máxima. Debido al carácter aproximativo de este anteproyecto se ha escogido la zona c para toda la cubierta, agilizando los cálculos aplicando una carga uniforme a toda el área. Resultando así un valor máx de presión de -0,7 y un valor máx de succión de -1,05.

Por lo tanto y a falta de un estudio exhaustivo en un túnel de viento, necesario en estructuras de esta envergadura y más conteniendo un material de tan poco peso propio, donde el viento determina las cargas, se optará por una opción conservadora que es seguir las cargas del CTE pero combinándolas como nos dicta la guía Tensinet y también el Prospecto Europeo para Diseño de Estructuras Tensadas, es decir no siguiendo la combinación tradicional de la EAE o EHE, con coeficientes de mayoración, sino sumando cada carga con su valor. Por ello se estudiarán solamente las dos siguientes combinaciones: la más cargada en sentido vertical descendente y la más cargada en sentido vertical ascendente. Esto es, peso propio + viento presión + nieve + s.c uso para el primer término y peso propio + viento succión para el segundo término.

2.3. NIEVE

Para la carga de la nieve se ha seguido lo referente al artículo 3.5.1 Determinación de la carga de nieve del ya citado CTE. En Valladolid según la tabla 3.8 (Fig 4.) se considera un valor s_k de 0,4 KN / m^2 y un valor de $\mu = 1$ con un paramento horizontal para facilitar los cálculos. Se alerta de que en el proyecto definitivo se tendrá que prestar atención a la posible acumulación de nieve en la cubierta, debido a su peculiar forma.

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / *Alacant*	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-tián/*Donostia*	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / *Lleida*	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / *Bilbo*	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / *Ourense*	130	0,4	Valencia/*València*	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / *A Coruña*	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / *Gasteiz*	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / *Girona*	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/*Iruña*	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Fig 4. Sobrecarga de nieve por capitales de provincia. CTE

Por lo que la carga de nieve será q_n será: 0,4 Kn/ m^2 .

3. ETFE

La membrana ETFE se calcula mediante una aproximación a la fórmula de los cables. Se tiene en cuenta que el material funciona por forma, y se le "da" una flecha de L/ 15. El espesor escogido es de 300µm. Se le aplica la carga combinada para un ancho de banda de 0,87m puesto que las cargas siempre recorren el camino más corto y se calcula la tensión. También se calcula el pretensado que necesita para no sufrir grandes bandazos o "slackening" (afloje) cuando aparece la succión, aunque con un carácter recordatorio más que exacto.

Dentro de este apartado se calculan también los cables que tensan el ETFE en la dirección tangencial, para cubrir los 5,032m que existen entre cables radiales. Los cables elegidos deben soportar 54,3476 kN por lo tanto y para estar del lado de la seguridad (por si hubiera que incrementarse el tesado) se escoge el cable helicoidal abierto PG20, de diámetro 14,1 mm y carga admisible 109 kN. Se trata de un cable con protección galvanizada anti corrosión. Los cables se obtendrán del catálogo PFEIFER de Tirantes Estructurales.

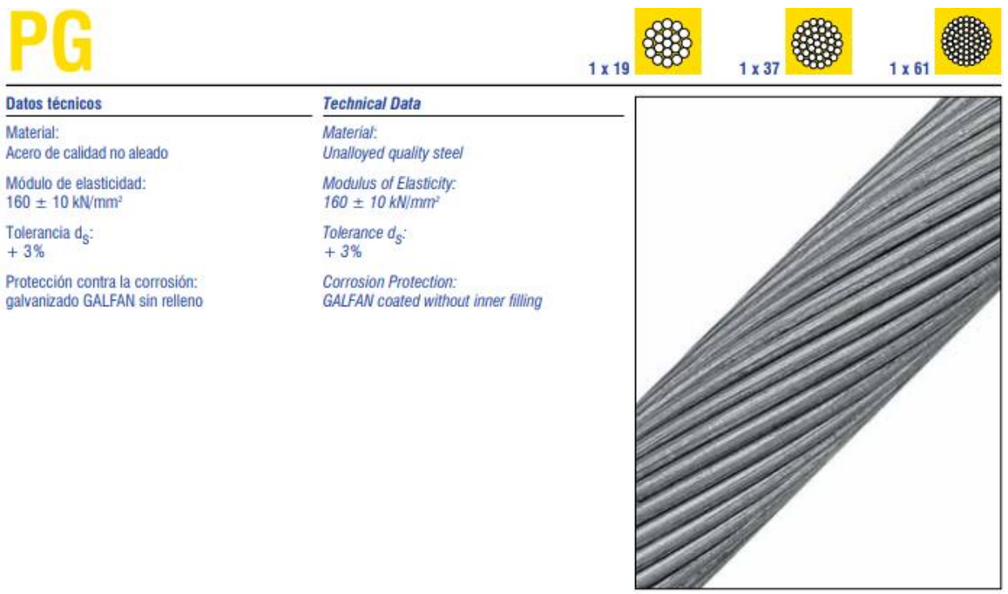


Fig 5. Cable PG helicoidal abierto.

Tamaño *size*	Carga de rotura caract. *charact. breaking load* $Z_{B,k}$ DIN 18800* kN	Carga admisible *limit tension* $Z_{R,d}$ DIN 18800 kN	Sección transversal metálica *metallic cross section* ca. / *approx.* mm²	Peso* *weight** ca. / *approx.* kg	Construcción *construction*	Diámetro nominal del cable *nomin. strand dia.* d_S mm
PG 5	59	36	39	0,3	1 x 19	8,1
PG 10	93	56	60	0,5	1 x 19	10,1
PG 15	134	81	87	0,7	1 x 19	12,2
PG 20	181	109	117	0,9	1 x 37	14,1
PG 25	260	158	168	1,3	1 x 37	17,0
PG 40	367	222	237	1,9	1 x 37	20,1
PG 55	537	326	347	2,7	1 x 37	24,4
PG 75	722	438	467	3,7	1 x 37	28,3
PG 90	884	536	572	4,5	1 x 61	31,3
PG 125	1189	721	769	6,1	1 x 61	36,3

Fig 6. Especificaciones cable PG. PFEIFER

Para la membrana de ETFE se colocará el Flexlight Xtrem TX30 – III , del catálogo de Serge Ferrari.

Serge Ferrari

	value	standards
weight	1050 g/m²	EN ISO 2286-2
width	178 cm	
standard format length	250 ml	
tensile strength (warp/weft)	560/560 daN/5cm	EN ISO 1421
tear strength (warp/weft)	80/65 daN	DIN 53.363
flame retardancy	**C-s2,d0** EN 13501-1 • **B1**/DIN4102-1 • NFPA 701 • CSFM T19 • BS 7837 • AS/NZS 1530-2 & 3 • AS/NZS 3837 group1	
warranty	20 years	

Fig 7. Especificiaciones técnicas del ETFE Flexlight Xtrem TX30-III . Fuente: Serge Ferrari

El cálculo detallado se adjunta al final de este anejo, en el Apéndice Cálculos para Predimensionamiento.

4. ANILLO COMPRESIÓN

El anillo de compresión tiene unos parámetros iniciales H_1 y H_2 que han sido supuestos como datos iniciales basándonos tanto en las dimensiones del anillo del Wanda Metropolitano, del que más datos disponía, como en el artículo "Predimensioning sub-space for spoke-wheel roofs" [1], en el que se desarrolla un primer cálculo isostático en 2D que será nuestra base para este proyecto.

Para dimensionarlo, se calcula el esfuerzo axil que sufre cada anillo, el superior y el inferior, que seguirán una relación de áreas detallada en el Apéndice. Se ha elegido un acero de alta resistencia S450 J2 de aplicación en construcción con especiales exigencias de resistencia, resiliencia y soldabilidad.

Las dimensiones de los anillos están detalladas en el Apéndice. Son de 1 x 1m en el anillo superior con espesor de chapa de 4 cm y de 0,6 x 0,6 m con espesor de chapa de 2 cm en los anillos inferiores.

El cálculo detallado se adjunta al final de este anejo, en el Apéndice Cálculos para Predimensionamiento.

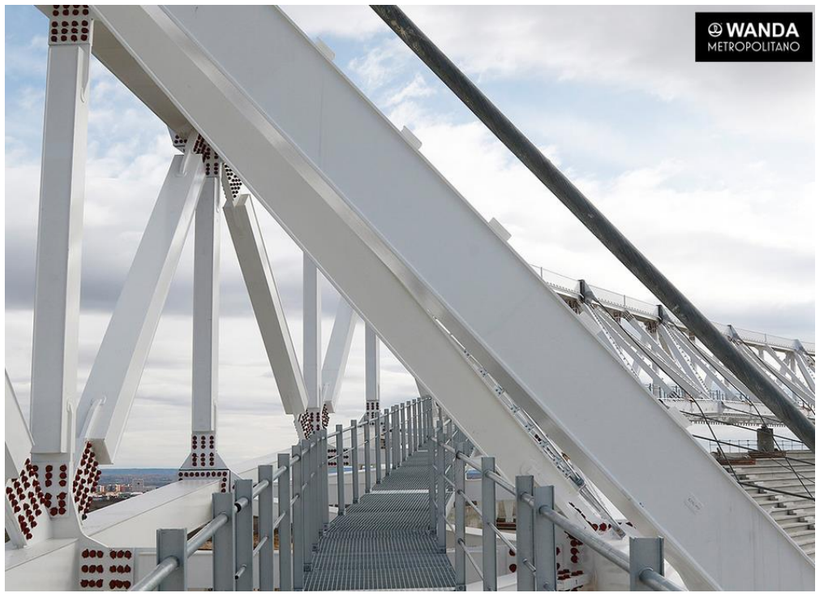


Fig 8. Anillo de compresión. Celosía y pasarela de mantenimiento. Fuente: Wanda Metropolitano.

5. CABLES RADIALES Y ANILLO TRACCIÓN

En cuanto a los cables radiales se sigue otra vez la guía del artículo de investigación para predimensionamiento de cubiertas con sistema de radios [1] . Se calculan ambos cables radiales el superior y el inferior para los casos de carga donde domina la presión y donde domina la succión, sufriendo el cable inferior una pérdida de tensión en el primer caso y el cable superior lo propio en el segundo caso. Para que ninguno de ellos entre en compresión, se tesan ambos con la suma de la fuerza radial que se calcula en el Apéndice Cálculos para Predimensionamiento.

Se obtiene una fuerza de tesado de 7500 kN. Por lo que se escoge un cable del catálogo PFEIFER, en este caso un cable cerrado con galvanizado GALFAN PV 1340 que tiene una carga admisible de 8121 kN y un diámetro de 11,5 cm.

Cable cerrado – GALFAN
Full Locked Cable – GALFAN

CE 1771 EOTA ETA-11/0160

PV

VVS-1 VVS-2 VVS-3

Datos técnicos	***Technical Data***
Material: Acero de calidad no aleado	*Material: unalloyed quality steel*
Módulo de elasticidad: 160 ± 10 kN/mm²	*Modulus of Elasticity: 160 ± 10 kN/mm²*
Tolerancia d_S: + 3%	*Tolerance d_S: + 3%*
Protección contra la corrosión: Capas internas: galvanizado en caliente con relleno Capas exteriores: galvanizado GALFAN sin relleno	*Corrosion Protection: inner layers: Hot dip galvanised with inner filling outer layers: GALFAN coated without inner filling*

Fig 9. Cable PV cerrado

Tamaño *size*	Carga de rotura caract. *charact. breaking load* $Z_{B,k}$ DIN 18800* kN	Carga admisible *limit tension* $Z_{R,d}$ DIN 18800 kN	Sección transversal metálica *metallic cross section* ca. / *approx.* mm	Peso* *weight** ca. / *approx.* kg	Construcción *construction* **	Diámetro nominal del cable *nomin. strand dia.* d_S mm
PV 40	405	245	281	2,4	VVS-1	21
PV 60	621	376	430	3,6	VVS-1	26
PV 90	916	555	634	5,3	VVS-2	31
PV 115	1170	709	808	6,8	VVS-2	35
PV 150	1520	921	1060	8,9	VVS-2	40
PV 195	1930	1170	1340	11,2	VVS-2	45
PV 240	2380	1442	1650	13,8	VVS-2	50
PV 300	3020	1830	2090	17,2	VVS-3	55
PV 360	3590	2176	2490	20,5	VVS-3	60
PV 420	4220	2558	2920	24,1	VVS-3	65
PV 490	4890	2964	3390	27,9	VVS-3	70
PV 560	5620	3406	3890	32,1	VVS-3	75
PV 640	6390	3873	4420	36,4	VVS-3	80
PV 720	7210	4370	4990	41,1	VVS-3	85
PV 810	8090	4903	5600	46,2	VVS-3	90
PV 910	9110	5521	6310	52,0	VVS-3	95
PV 1010	10100	6121	6990	57,6	VVS-3	100
PV 1110	11100	6727	7710	63,5	VVS-3	105
PV 1220	12200	7394	8460	69,7	VVS-3	110
PV 1340	13400	8121	9240	76,2	VVS-3	115
PV 1450	14500	8788	10100	83,2	VVS-3	120
PV 1580	15800	9576	10900	89,8	VVS-3	125
PV 1730	17300	10485	11900	96,7	VVS-3	130
PV 1860	18600	11273	12900	104,8	VVS-3	135
PV 2000	20000	12121	13900	112,9	VVS-3	140

Fig 10. Especificaciones técnicas cables PV. Catálogo PFEIFER

Para el anillo de tracción, que en este proyecto se subdivide en 2 anillos , se debe diseñar un conjunto de cables que pueda resistir el esfuerzo que sufre para distribuirlo a los cables radiales. La carga de diseño es de 34733,05 kN en cada anillo de tracción. Se escogen 5 cables tipo PV 1340 , que suponen una carga admisible de 5*8121 = 40605 kN para quedarnos del lado de la seguridad. Los cables se juntarían con una horquilla que alcanzaría unas dimensiones de al menos 5*d_s = 57,5 cm. No es objeto de este anteproyecto el cálculo de ningún terminal, pero en el catálogo PFEIFER se pueden encontrar cantidad de soluciones para este tipo de piezas. El cálculo se encuentra en el Apéndice al final del anejo.

PFEIFER Seilbau Cable Structures

Fig 11. Logo empresa especializada en estructuras de cables.

Fig 12. Detalle de los cables del anillo de tracción y de su placa de unión

6. APOYOS

Para los apoyos se ha intentado aprovechar la estructura existente, por lo tanto, en la zona de las tribunas, éstos descansarán sobre la gran viga de hormigón armado y los pórticos ya existentes. Se debe hacer un estudio exhaustivo de la carga introducida, para comprobar que la sobretensión que se va a aplicar no dañe la estructura actual. En caso de que la sobretensión aplicada supere a la carga que suponían los pilonos, tirantes y cubierta anterior, se diseñarían unos refuerzos de acero para los pilares y las vigas zancas que componen los pórticos, así como un recrecido en las vigas riostras.

Para el cálculo de la carga vertical que le llega a cada apoyo se ha hecho un cálculo del peso propio de un tramo de celosía, al que se le añade la carga que introduce cada gajo de cubierta en ese tramo. La

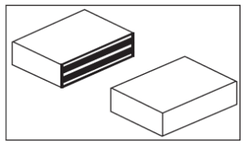
carga debido a un tramo de celosía es de 30,57 t y el de un gajo de la cubierta de 83,55 t, resultando un total de 114,13 t.

En cuanto a la carga horizontal que introduciría el viento, está compensada por la acción de los anillos y los radios que ya hemos comentado en el Anejo de Desarrollo de la Solución Adoptada. Ésta era una de las ventajas destacadas de esta tipología pues consigue una disminución importante de las dimensiones de los apoyos y cimentaciones.

La única carga horizontal que hay que tener en cuenta es el efecto térmico que dilatará y contraerá la estructura. A falta de un modelo 3D detallado en el que calcular esta deformación se ha optado por la colocación de unos neoprenos de apoyo que permitan un ligero movimiento tanto en la dirección radial como en la tangencial, limitados por unos topes. La propia estructura tratará de autocompensarse al tener una cierta forma ovalada y cerrada. De esta forma evitaremos calcular flectores.

Fig 13. Aparato de apoyo. Fuente propia.

Se han simplificado los cálculos suponiendo que la deformación sólo ocurre en la dirección radial y es protagonizada por los cables radiales y el perfil de acero del anillo de compresión. Se ha escogido el de Ø250 mm. Los cálculos se detallan en el Apéndice de Cálculos al final del anejo.



APOYOS ARMADOS STANDARD Y ANCLADOS

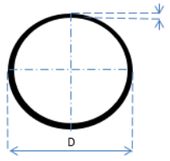
				mínima $\sigma \geq 5$ N/mm^2			mínima $\sigma < 5$ N/mm^2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Formato Dimensiones en planta a · b D	Carga Admisible	Módulo E	Nº de capas	Desplaza-miento admisible Tipo 1	Altura total del apoyo Tipo 1	Altura total de elastómero Tipo 1 T	Desplaza-miento admisible Tipos 2 a 5	Altura total del apoyo Tipo 2	Altura total del apoyo Tipo 4	Altura total del apoyo Tipo 5	Altura total de elastómero Tipos 2 a 5 T	Pernos para Tipos 2 y 4 ver 1.2.2	Angulos de giro n · α	Angulos de giro n · α	Angulos de giro n · α	Angulos de giro Ø n · α
mm	kN	N/mm²		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		arc.	arc.	arc.	arc.
150 x 200	450	480	1	7,0	14	10	–	–	–	–	–	1	0,003	0,003	0,004	
			2	10,5	21	15	7,0	42	72	26	10		0,006	0,006	0,008	
			3	14,0	28	20	10,5	49	79	33	15		0,009	0,009	0,013	
			4	17,5	35	25	14,0	56	86	40	20		0,012	0,012	0,017	
			5	21,0	42	30	17,5	63	93	47	25		0,015	0,015	0,021	
			6	23,3	49	35	21,0	70	100	54	30		0,018	0,018	0,025	
			7	25,3	56	40	23,3	77	107	61	35		0,021	0,021	0,029	
			8	27,0	63	45	25,3	84	114	68	40		0,024	0,024	0,033	
			9	–	–	–	27,0	91	121	75	45		0,027	0,027	0,037	
Ø 200	471	236	1	9,1	19	13	–	–	–	–	–	1	0,003	0,003	0,004	0,00
200 x 250	750	315	2	14,7	30	21	11,2	49	79	33	16	1	0,006	0,005	0,008	0,00
200 x 300	900	355	3	20,3	41	29	16,8	60	90	44	24	1	0,009	0,008	0,012	0,01
			4	25,9	52	37	22,4	71	101	55	32		0,012	0,010	0,016	0,01
			5	30,4	63	45	28,0	82	112	66	40		0,015	0,013	0,020	0,02
			6	33,7	74	53	31,7	93	123	77	48		0,018	0,015	0,024	0,02
			7	36,3	85	61	34,7	104	134	88	56		0,021	0,018	0,028	0,02
200 x 400	1200	430	1	9,1	19	13	–	–	–	–	–	2	0,003	0,001	0,003	
			2	14,7	30	21	11,2	49	79	33	16		0,006	0,002	0,006	
			3	20,3	41	29	16,8	60	90	44	24		0,009	0,003	0,009	
			4	25,9	52	37	22,4	71	101	55	32		0,012	0,005	0,012	
			5	30,4	63	45	28,0	82	112	66	40		0,015	0,006	0,015	
			6	33,7	74	53	31,7	93	123	77	48		0,018	0,008	0,018	
			7	36,3	85	61	34,7	104	134	88	56		0,021	0,009	0,021	
Ø 250	735	366	1	9,1	19	13	–	–	–	–	–	1	0,003	0,001	0,003	0,00
250 x 400	1500	610	2	14,7	30	21	11,2	49	79	33	16	2	0,005	0,002	0,005	0,00
			3	20,3	41	29	16,8	60	90	44	24		0,008	0,004	0,008	0,01
			4	25,9	52	37	22,4	71	101	55	32		0,010	0,005	0,010	0,01
			5	31,5	63	45	28,0	82	112	66	40		0,013	0,006	0,013	0,02
			6	36,5	74	53	33,6	93	123	77	48		0,015	0,007	0,016	0,02
			7	40,0	85	61	37,9	104	134	88	56		0,018	0,009	0,018	0,02
			8	43,1	96	69	41,2	115	141	99	64		0,020	0,010	0,021	0,03
			9	–	–	–	44,1	126	156	110	72		0,023	0,011	0,023	0,03

Fig 14 Catálogo de neoprenos MECANOGUMBA. Con carga admisible y desplaz. admisible.

Los apoyos diseñados en los fondos serán Tubos estructurales de acero, de diámetro exterior 500 mm y espesor de chapa 15 mm . Para las tribunas se diseñarán también Tubos Estructurales con el mismo diámetro y espesor pero con una altura igual a Estarán apoyados sobre unas rótulas con el fin de evitar los flectores en la base. Los tubos serán encargados a Protubsa y vendrán en módulos que habrá que soldar en obra.

TABLA DE CALCULO DE DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE PERFILES HUECOS DE SECCION CIRCULAR
CALIDAD STANDARD DE ACERO S355J2H (ACEROS AL CARBONO)

PROTUBSA
Proveedora de Tubos Occidental S.L



	PRESTACIONES MECÁNICAS				COMPOSICIÓN QUÍMICA				
Norma	Lím. Elástico Rp 0,2 (N/mm²)	Res. Rotura Rm (N/mm²)	Alargamiento	Resiliencia – 20° C	C %máx.	Si %máx.	Mn %máx.	P %máx.	S %máx.
EN10210	≥ 355	470 ÷ 630	(C) ≥ 22%	mín. 27 Joules	0,22	0,55	1,6	0,030	0,030
EN10219	≥ 355	470 ÷ 630	(F) ≥ 20%	mín. 27 Joules	0,22	0,55	1,6	0,030	0,030

Diámetro exterior	Espesor	Peso teórico	Área de la sección	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Constante de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W_{el}	W_{pl}	I_t	C_t	A_s	L'
mm	mm	kg/m	cm²	cm⁴	cm	cm³	cm³	cm⁴	cm³	m²/m	m/t
500	15	179,41	228,55	67.265,38	17,16	2.690,62	3.529,50	134.530,75	5.381,23	1,571	5,57

Inserte diámetro exterior en milímetros, inserte el espesor en milímetros.

CE

Fig 15. Calculadora prop. Mecánicas secciones .Protubsa

Estas rótulas transmitirán la carga a la zapata que será cuadrada de hormigón armado. Se adjunta un croquis del apoyo con las partes detalladas. Se mostrará en un plano de forma detallada.

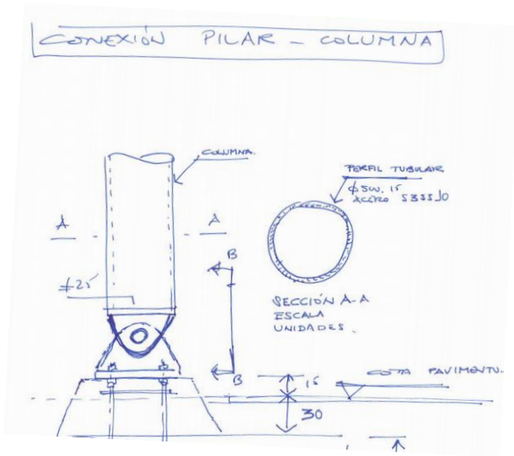


Fig 16. Croquis conexión Pilar- Rótula

7. CIMENTACIÓN

Para la cimentación se han diseñado unas zapatas cuadradas de 4 x 4 m . Con un canto de 0,75 m para que fueran zapatas rígidas según la EHE (vuelo< 2 * canto).

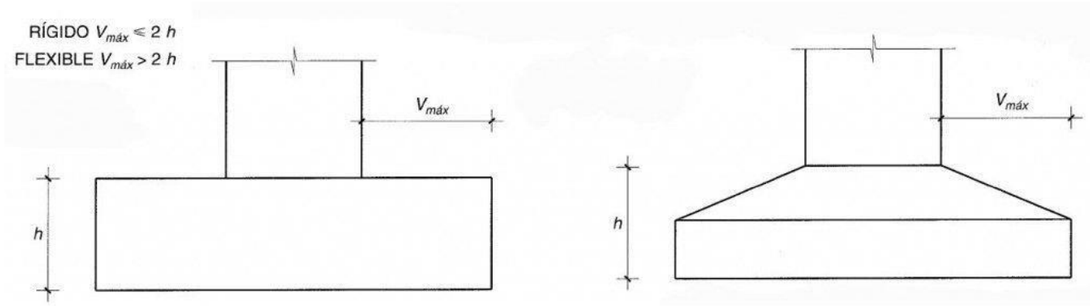


Fig 17. Clasificación zapatas según EHE

La capacidad portante siguiendo los datos del Anejo Geotécnico se tomará como 5 kg/m^2, puesto que ronda entre 1 y 8 kg/m^2 en las profundidades de 0 a 8 metros, zona de influencia de las cimentaciones. El nivel freático no aparece en la zona de influencia excepto en casos colgados. El suelo es arena arcillosa con niveles lentejonares de grava. La columna llegará a la rótula que quedará fijada por unas barras de espera Ø32 con unos pernos mecanizados M50 en la placa de anclaje de 30 mm de espesor. Para asegurar el éxito de la cimentación habrá que realizar un estudio exhaustivo de la zona de apoyo con una serie de sondeos y calicatas para conocer las propiedades mecánicas exactas del suelo puesto que una buena cimentación es clave para la sustentación y el éxito de una estructura y más una tan sensible en el montaje como esta. Se adjunta documento del cálculo realizado con el programa Robot Structural Analysis. Hormigón HA-35 y Acero B500S. Este resultado es orientativo porque sólo ha utilizado barras de acero de 8 a 14 mm de diámetro, por lo que convendría revisarlo . Además, no aparecen los cercos que unen las armaduras superiores e inferiores.

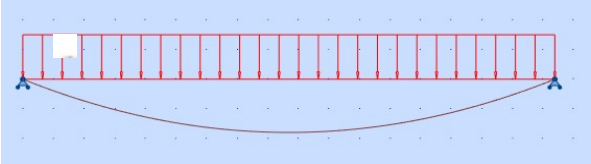
8. APÉNDICE CÁLCULOS PARA PREDIMENSIONAMIENTO

En las siguientes hojas se adjuntarán documentos de hojas de cálculo de distintos programas donde se han calculado la estructura.

VERIFICACIÓN MEMBRANA ETFE

GUÍA EUROPEA DE ESTRUCTURAS TENSADAS

Geometría de la membrana de ETFE



Ancho de banda de trabajo $b_{ETFE} := 870\ mm$

Espesor ETFE $e_{ETFE} := 300\ \mu m$

Criterio flecha f/L = 15 $f := \frac{b_{ETFE}}{15}$

$f = 0,058\ m$

Propiedades del ETFE

Módulo de elasticidad $E_{ETFE} := 800\ \frac{N}{mm^2}$

Límite elástico del ETFE $f_{yETFE} := 21\ MPa$

Acciones exteriores del ETFE

Ver Anejo 8 apartado 5

Presión debida al viento $w_{pres} := 2,28\ \frac{kN}{m^2}$

Succión debida al viento $w_{suc} := -2,71\ \frac{kN}{m^2}$

Carga de nieve $w_{snow} := 0,4\ \frac{kN}{m^2}$

Peso propio $w_{SW} := 0,01\ \frac{kN}{m^2}$

Despreciable

Sobrecarga de uso $w_{SCuso} := 1\ \frac{kN}{m^2}$

Combinación de carga

Ver Anejo 11 Predimensionam. Apartado 2.2

Caso presión + carga nieve + sc uso + peso propio (CASO CARGA 1)

$q_{LC1} := w_{SW} + w_{pres} + w_{snow} + w_{SCuso}$

$q_{LC1} = 3,69\ \frac{kN}{m^2}$

Caso succión

$q_{LC2} := w_{SW} + w_{suc}$

$q_{LC2} = -2,7\ \frac{kN}{m^2}$

Cálculo tensión ETFE

CASO CARGA 1

Ancho unitario ETFE $a_{ETFE} := 1\ m$

Carga distribuida ETFE $q_{ETFE} := q_{LC1} \cdot a_{ETFE}$

$H := \frac{\left(q_{ETFE} \cdot b_{ETFE}^{\ 2}\right)}{8 \cdot f}$ $H = 6,0193\ kN$

$V := q_{ETFE} \cdot \frac{b_{ETFE}}{2}$ $\quad V = 1,6052$ kN

Ángulo de la resultante N

$\alpha := \mathrm{atan}\left(\left(\frac{V}{H}\right)\right)$ $\quad \alpha = 0,2606$ $\quad \alpha_{deg} := \alpha \cdot \frac{180}{\pi}$ $\quad \alpha_{deg} = 14,9314$

$N := \frac{H}{\cos(\alpha)}$ $\quad N = 6,2297$ kN

$verif_{ETFE} :=$ if $\sigma_{ETFE} \le f_{yETFE}$ "Correcto" else "No Correcto"

$\sigma_{ETFE} := \frac{N}{a_{ETFE} \cdot e_{ETFE}}$ $\quad \sigma_{ETFE} = 20,7655$ MPa $\quad verif_{ETFE} =$ "Correcto"

$\sigma_{0,ETFE} := 1,5$ MPa

Se tesará inicialmente con 1,5 MPa con el fin de evitar el slackening

CASO CARGA 2

Ancho unitario ETFE $\quad a_{ETFE} := 1$ m

Carga distribuida ETFE $\quad q_{ETFE} := \left(-q_{LC2}\right) \cdot a_{ETFE}$

$H := \frac{\left(q_{ETFE} \cdot b_{ETFE}^{\ 2}\right)}{8 \cdot f}$ $\quad H = 4,4044$ kN

$V := q_{ETFE} \cdot \frac{b_{ETFE}}{2}$ $\quad V = 1,1745$ kN

Ángulo de la resultante N

$\alpha := \mathrm{atan}\left(\left(\frac{V}{H}\right)\right)$ $\quad \alpha = 0,2606$ $\quad \alpha_{deg} := \alpha \cdot \frac{180}{\pi}$ $\quad \alpha_{deg} = 14,9314$

$N := \frac{H}{\cos(\alpha)}$ $\quad N = 4,5583$ kN

$verif_{ETFE} :=$ if $\sigma_{ETFE} \le f_{yETFE}$ "Correcto" else "No Correcto"

$\sigma_{ETFE} := \frac{N}{a_{ETFE} \cdot e_{ETFE}}$ $\quad \sigma_{ETFE} = 15,1943$ MPa

$verif_{ETFE} =$ "Correcto"

$\sigma_{0,ETFE} := 1,5$ MPa

Se tesará inicialmente con 1,5 MPa con el fin de evitar el slackening

DIMENSIONAMIENTO CABLES TESADO ETFE

Misma teoría que con el ETFE, se le da una flecha , trabajando por forma
y se calcula la tensión que necesita para que no pierda la rigidez en ningún caso

Caso presión

Ancho unitario ETFE $\quad a_{ETFE} := 0,87$ m $\quad b_{ETFE,CABLE} := 5,032$ m

Carga distribuida ETFE $\quad q_{ETFE} := q_{LC1} \cdot a_{ETFE}$ $\quad f_{CABLE} := \frac{b_{ETFE,CABLE}}{15}$

$H := \frac{\left(q_{ETFE} \cdot b_{ETFE,CABLE}^{\ 2}\right)}{8 \cdot f_{CABLE}}$ $\quad H = 30,2892$ kN

$V := q_{ETFE} \cdot \frac{b_{ETFE,CABLE}}{2}$ $\quad V = 8,0771$ kN

Ángulo de la resultante N

$\alpha := \operatorname{atan}\left(\left(\frac{V}{H}\right)\right)$ $\quad \alpha = 0,2606$ $\quad \alpha_{deg} := \alpha \cdot \frac{180}{\pi}$ $\quad \alpha_{deg} = 14,9314$

$N_{pres} := \frac{H}{\cos(\alpha)}$ $\quad N_{pres} = 31,3476$ kN

Caso succión

Ancho unitario ETFE $\quad a_{ETFE} := 0,87$ m $\quad b_{ETFE,CABLE} := 5,032$ m

Carga distribuida ETFE $\quad q_{ETFE} := \left(-q_{LC2}\right) \cdot a_{ETFE}$ $\quad f_{CABLE} := \frac{b_{ETFE,CABLE}}{15}$

$H := \frac{\left(q_{ETFE} \cdot b_{ETFE,CABLE}^{\ 2}\right)}{8 \cdot f_{CABLE}}$ $\quad H = 22,1628$ kN

$V := q_{ETFE} \cdot \frac{b_{ETFE,CABLE}}{2}$ $\quad V = 5,9101$ kN

Ángulo de la resultante N

$\alpha := \operatorname{atan}\left(\left(\frac{V}{H}\right)\right)$ $\quad \alpha = 0,2606$ $\quad \alpha_{deg} := \alpha \cdot \frac{180}{\pi}$ $\quad \alpha_{deg} = 14,9314$

$N := \frac{H}{\cos(\alpha)}$ $\quad N = 22,9373$ kN

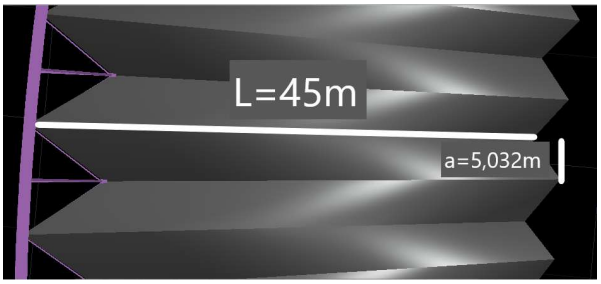
Por lo tanto habrá que tesar los cables con 23 kN para que no pierdan rigidez al aparecer la succión.

$N_{cable} := N_{pres} + 23$ kN $\quad N_{cable} = 54,3476$ kN

DIMENSIONAMIENTO CABLES RADIALES Y FUERZA DE TESADO

PREDIMENSIONING SUB-SPACE FOR SPOKE-WHEEL ROOFS

Consultar Anejo 10 Apartado 2.3



Carga presión $q_{press} := 3,69 \frac{kN}{m^2}$

Carga succión $q_{succ} := -2,7 \frac{kN}{m^2}$

Luz cubierta $L_{cub} := 45\ m$

Ancho gajo cubierta $a_{cub} := 5,032\ m$

Altura desde el anillo compresión inferior hasta anillo tracción $H_1 := 3\ m$

Altura desde el anillo compresión superior hasta anillo tracción $H_2 := 7\ m$

Carga distribuida presión $q_{press,dis} := q_{press} \cdot a_{cub}$ $q_{press,dis} = 18,5681 \frac{kN}{m}$

Carga distribuida succión $q_{succ,dis} := \left(-q_{succ}\right) \cdot a_{cub}$ $q_{succ,dis} = 13,5864 \frac{kN}{m}$

Fuerza en el cable inferior (F1)

$$F_1 := \frac{T_H - \left(\frac{q_{press,dis} \cdot L_{cub}^2}{2 \cdot H_2}\right)}{\frac{L_{cub}}{\sqrt{H_1^2 + L_{cub}^2}} \cdot \left(1 + \frac{H_1}{H_2}\right)}$$

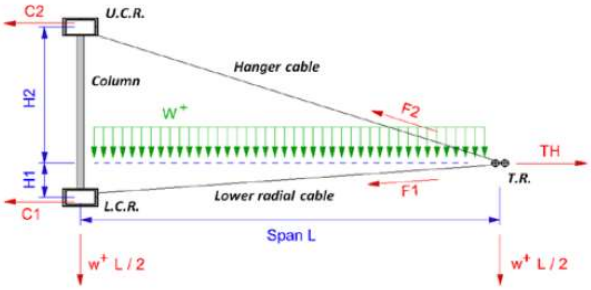
Los cables deben permanecer siempre en tracción para seguir trabajando. Por lo tanto F1 y F2 deben ser mayores que 0 (tracción: +) . El denominador siempre va a ser positivo , por lo que nos fijaremos en el numerador. En el caso presión el cable inferior es el que se descargaría, mientras que en el caso succión sería el cable superior.

$$T_H := \frac{q_{press,dis} \cdot L_{cub}^2}{2 \cdot H_2}$$

$T_H = 2685,7401\ kN$ Fuerza tesado en la dirección radial

Fuerza en el cable superior (F2)

$$F_2 := \frac{T_H - \left(\frac{q_{succ,dis} \cdot L_{cub}^2}{2 \cdot H_1}\right)}{\frac{L_{cub}}{\sqrt{H_2^2 + L_{cub}^2}} \cdot \left(1 + \frac{H_2}{H_2}\right)}$$



$$T_H := \frac{q_{succ,dis} \cdot L_{cub}^2}{2 \cdot H_1}$$

$T_H = 4585,41\ kN$ Fuerza tesado en la dirección radial

Para que ninguno de los dos cables entre en compresión , habrá que tesar el cable con la suma de ambos valores, puesto que si tesáramos con la mayor de ambas (Th para F2),el cable inferior podría llegar a no trabajar, produciendo el fallo.

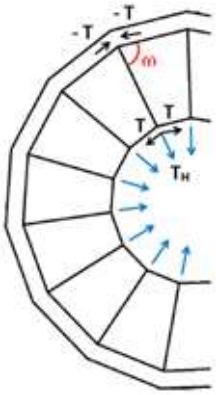
Por lo tanto fuerza en los cables radiales $T_{Hdef} := T_H + 2685,7401\ kN$

$T_{Hdef} = 7271,1501\ kN$ Se tomará una fuerza de tesado de 7500 kN

Con este resultado, procedemos a calcular el esfuerzo que soportan los anillos exterior e interior. (compresión y tracción)

ESFUERZO EN ANILLO COMPRESIÓN

Para conocer el esfuerzo en el anillo de compresión se utilizará la formulación seguida para el anterior apartado. Es una fórmula poligonizada de la clásica fórmula de los tubos.



$$T_H = T \cdot 2\cos\omega$$

Ángulos obtenidos

Esfuerzo en el anillo ---> T

$\omega_{tribuna} := 87\ deg$

$\omega_{fondo} := 82\ deg$

Nos quedamos con la situación pésima que la va a dar el mayor ángulo.

$T_{fondo} := \dfrac{T_{Hdef}}{2 \cdot \cos(\omega_{fondo})}$ $T_{fondo} = 26122,6848\ kN$

$T_{tribuna} := \dfrac{T_{Hdef}}{2 \cdot \cos(\omega_{tribuna})}$ $T_{tribuna} = 69466,1054\ kN$

Coef seguridad acero $\gamma_s := 1,1$

Tensión admisible acero S450 $\sigma_{adm} := \dfrac{450\ MPa}{1,1}$ $\sigma_{adm} = 409,0909\ MPa$

Dimensionamos para el esfuerzo máximo 69466,105 kN

El esfuerzo en el anillo de compresión debe ser igual al de tracción pero con distinto *signo*

La suma de los esfuerzos en cada anillo de compresión (sup e inf) deberá ser igual al esfuerzo de tracción, que es el esfuerzo total

Se debe dar una proporción de esfuerzos - área entre ambos anillos , superior e inferior.

$T_{traccion} := T_{tribuna}$ $\sigma_{anillsup} := \sigma_{anillinf}$ $\sigma_{anillsup} := \dfrac{N_{anillsup}}{A_{anill,sup}}$ $\sigma_{anillinf} := \dfrac{N_{anillinf}}{A_{anill,inf}}$

$T_{traccion} := N_{anillsup} + N_{anillinf}$

Lado anillo inferior $b_{anill,inf} := 0,6\ m$

Espesor de chapa inferior $e_{anill,inf} := 0,03\ m$

Lado anillo superior $b_{anill,sup} := 1\ m$

Espesor de chapa superior $e_{anill,sup} := 0,04\ m$

Se parten de unas dimensiones iniciales para verificar si resisten los esfuerzos.

Ver anejo 11 Apartado 4

Sección anillo inferior $A_{anill,inf} := b_{anill,inf}^2 - (b_{anill,inf} - 2 \cdot e_{anill,inf})^2$

$A_{anill,inf} = 0,0684\ m^2$

Sección anillo superior $A_{anill,sup} := b_{anill,sup}^2 - (b_{anill,sup} - 2 \cdot e_{anill,sup})^2$

$A_{anill,sup} = 0,1536\ m^2$

Con estos datos resolvemos el sistema de ecuaciones, con el siguiente resultado:

$N_{anillinf} := 21403,07\ kN$ $\quad N_{anillsup} := 48063,03\ kN$

$\sigma_{anillinf} = 312,9104\ MPa$ $\quad \sigma_{anillsup} = 312,9104\ MPa$

Comprobamos cada anillo de compresión

Axil que recibe cada anillo $\quad N_{anillinf} := 21403,07\ kN \quad N_{anillsup} := 48063,03\ kN$

Coef seguridad acero $\quad \gamma_s := 1,1$

Tensión admisible acero S450 $\quad \sigma_{adm} := \frac{450\ MPa}{1,1} \quad \sigma_{adm} = 409,0909\ MPa$

Tensión a resistir por cada anillo $\quad \sigma_{acero} := \frac{N}{A_{acero}}$

Área de acero necesaria anill sup $\quad A_{acero,sup} := \frac{N_{anillsup}}{\sigma_{adm}} \quad A_{acero,sup} = 0,1175\ m^2$

Área de acero necesaria anill inf $\quad A_{acero,inf} := \frac{N_{anillinf}}{\sigma_{adm}} \quad A_{acero,inf} = 0,0523\ m^2$

$verif_{aceroinf} :=$ if $A_{anill,inf} > A_{acero,inf}$
"Cumple. Área suficiente"
else
"Área insuficiente"

$verif_{aceroinf} =$ "Cumple. Área suficiente"

$verif_{acerosup} :=$ if $A_{anill,sup} > A_{acero,sup}$
"Cumple. Área suficiente"
else
"Área insuficiente"

$verif_{acerosup} =$ "Cumple. Área suficiente"

Como vemos ambos anillos cumplen las condiciones con las dimensiones establecidas. Tanto la semejanza entre anillos como que la tensión sea inferior al lím. elástico. En esta memoria se muestra el resultado final , pero esta herramienta ha permitido optimizar ligeramente la geometría de tal forma que se reduzca el peso propio.

ESFUERZO EN ANILLO TRACCIÓN

El esfuerzo en el anillo de tracción será igual en módulo que el esfuerzo del anillo de compresión pero con distinto signo.

En este proyecto, se ha diseñado también un doble anillo de tracción por lo que el esfuerzo a resistir será dividido entre dos.

Dimensionamiento anillo de tracción

Axil que recibe cada anillo $\quad T_d := \frac{T_{tribuna}}{2} \quad T_d = 34733,0527\ kN$

Para hacer frente a este esfuerzo se diseñan un conjunto de cables de alta resistencia cuyo número y magnitud se detallan en la Memoria de Cálculo.

Ver anejo 11 Predimensionam. de la estructura.

CÁLCULO DE LOS APOYOS

En primer lugar se calculará el peso propio de la celosía espacial que conforma el anillo de compresión.

Cálculo del peso propio de la celosía

Para el cálculo del peso propio, se tomará como referencia un tramo del anillo. Cada tramo está compuesto por un montante vertical, un montante inclinado, una diagonal en el plano vertical, una diagonal en el plano horizontal,el anillo superior y los dos anillos inferiores.

Densidad del acero estructural $\rho_s := 7,85 \frac{ton}{m^3}$

Lado anillo inferior $b_{anill,inf} := 0,6\ m$

Espesor de chapa inferior $e_{anill,inf} := 0,03\ m$

Longitud anillo inferior $L_{anill,inf} := 5,032\ m$

Sección anillo inferior $A_{anill,inf} := b_{anill,inf}^2 - \left(b_{anill,inf} - 2 \cdot e_{anill,inf}\right)^2$

$A_{anill,inf} = 0,0684\ m^2$

Volumen anillo inferior $V_{anill,inf} := A_{anill,inf} \cdot 2 \cdot L_{anill,inf}$

$V_{anill,inf} = 0,6884\ m^3$

Lado anillo superior $b_{anill,sup} := 1\ m$

Espesor de chapa superior $e_{anill,sup} := 0,04\ m$

Longitud anillo superior $L_{anill,sup} := 5,032\ m$

Sección anillo superior $A_{anill,sup} := b_{anill,sup}^2 - \left(b_{anill,sup} - 2 \cdot e_{anill,sup}\right)^2$

$A_{anill,sup} = 0,1536\ m^2$

Volumen anillo superior $V_{anill,sup} := A_{anill,sup} \cdot L_{anill,sup}$

$V_{anill,sup} = 0,7729\ m^3$

Lado montantes y diagonales $b_{montdiag} := 0,6\ m$

Espesor de chapa montantes y diagonales $e_{montdiag} := 0,03\ m$

Longitud montante vertical $L_{mont,vert} := 10\ m$

Longitud montante inclinado $L_{mont,incl} := 12,2\ m$

Longitud diagonal horizontal $L_{diag,horiz} := 8\ m$

Longitud diagonal vertical $L_{diag,vert} := 11,2\ m$

Área montante y diagonal $A_{montdiag} := b_{montdiag}^{2} - \left(b_{montdiag} - 2 \cdot e_{montdiag}\right)^{2}$

$A_{montdiag} = 0,0684\ m^{2}$

Volumen montante vertical $V_{mont,vert} := A_{montdiag} \cdot L_{mont,vert}$

$V_{mont,vert} = 0,684\ m^{3}$

Volumen montante inclinado $V_{mont,incl} := A_{montdiag} \cdot L_{mont,incl}$

$V_{mont,incl} = 0,8345\ m^{3}$

Volumen diagonal horizontal $V_{diag,horiz} := A_{montdiag} \cdot L_{diag,horiz}$

$V_{diag,horiz} = 0,5472\ m^{3}$

Volumen diagonal vertical $V_{diag,vert} := A_{montdiag} \cdot L_{diag,vert}$

$V_{diag,vert} = 0,7661\ m^{3}$

Volumen total $V_{total} := V_{anill,inf} + V_{anill,sup} + V_{mont,vert} + V_{mont,incl} + V_{diag,vert} + V_{diag,horiz}$

$V_{total} = 4,2931\ m^{3}$

Peso total de un tramo de celosía $P_{tramocelos} := V_{total} \cdot \rho_{s}$

$P_{tramocelos} = 30572,5471\ kg$

Cálculo de la carga vertical de cada gajo de cubierta

Carga vertical debida a acciones $q_{press} := 3,69\ \frac{kN}{m^{2}}$

Luz cubierta $L_{cub} := 45\ m$

Ancho gajo cubierta $a_{cub} := 5,032\ m$

Carga de un gajo de cubierta $P_{gajo} := q_{press} \cdot L_{cub} \cdot a_{cub}$

$P_{gajo} = 835,5636\ kN$ $P_{gajokg} := \frac{835563,6}{10}\ kg$

Por lo tanto para cada tramo de cubierta, el peso total sería

$P_{totaltramo} := P_{tramocelos} + P_{gajokg}$

$P_{totaltramo} = 114,1289\ t$

Acción horizontal

La única acción horizontal que van a recibir los apoyos es la acción térmica.
Esta es una de las ventajas de esta tipología, ya comentada en el Anejo de Desarrollo de la Solución Adoptada.

Coeficiente de dilatación del acero $\alpha_{acero} := 1,2 \cdot 10^{-5}$ En °C

Incremento de temperatura $\Delta T := 40$

Longitud anillo dirección radial $L_{anillo} := 7\ m$

Longitud cables dirección radial $L_{cable} := 45\ m$

Dilatación acero del anillo $\Delta L_{anillo} := L_{anillo} \cdot \Delta T \cdot \alpha_{acero}$

$\Delta L_{anillo} = 0,0034\ m$

Dilatación cables radiales $\Delta L_{cabradial} := L_{cable} \cdot \Delta T \cdot \alpha_{acero}$

$\Delta L_{cabradial} = 0,0216\ m$

Dilatación total $\Delta L_{total} := \Delta L_{anillo} + \Delta L_{cabradial}$

$\Delta L_{total} = 24,96\ mm$

Siguiendo el catálogo de aparatos de apoyo (neoprenos) Mecanogumba se obtiene la carga horizontal que esta deformación introducirá al pilar. Se dimensionará en el Anejo de Predimensionamiento de la estructura, junto con el pilar.

CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO

NORMA: *UNE-EN 1993-1:2013/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
TIPO DE ANÁLISIS: Verificación de las barras

GRUPO:
BARRA: 1 Barra_1 **PUNTOS:** 1 **COORDENADA:** x = 0.00 L = 0.00 m

---

CARGAS:
Caso de carga más desfavorable: 1 PERM1

MATERIAL:
ACERO (S235) fy = 235.00 MPa

PARAMETROS DE LA SECCION: Perfil Tubular Def

h=50.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
	Ay=145.50 cm2	Az=145.50 cm2	Ax=228.55 cm2
tw=1.5 cm	Iy=67265.38 cm4	Iz=67265.38 cm4	Ix=134530.75 cm4
	Wply=3529.50 cm3	Wplz=3529.50 cm3	

FUERZAS INTERNAS Y RESISTENCIAS ULTIMAS:
N,Ed = 1176.48 kN
Nc,Rd = 5370.95 kN
Nb,Rd = 2709.45 kN PLÁSTICA
CLASE DE LA SECCION = 1

PARAMETROS DE ALABEO:

PARAMETROS DE PANDEO:

respecto al eje y:

Ly = 20.00 m	Lam_y = 1.24
Lcr,y = 20.00 m	Xy = 0.50
Lamy = 116.58	

respecto al eje z:

Lz = 20.00 m	Lam_z = 1.24
Lcr,z = 20.00 m	Xz = 0.50
Lamz = 116.58	

FORMULAS DE VERIFICACION:
Control de la resistencia de la sección:
N,Ed/Nc,Rd = 0.22 < 1.00 (6.2.4.(1))
Control de estabilidad global de la barra:
Lambda,y = 116.58 < Lambda,max = 210.00 Lambda,z = 116.58 < Lambda,max = 210.00 ESTABLE
N,Ed/Nb,Rd = 0.43 < 1.00 (6.3.1.1.(1))

DESPLAZAMIENTOS LIMITES

Flechas (COORDENADAS LOCALES): *No analizado*

Desplazamientos (COORDENADAS GLOBALES):
vx = 0.0 cm < vx max = L/150.00 = 13.3 cm Verificado
Caso de carga más desfavorable: 1 PERM1
vy = 0.0 cm < vy max = L/150.00 = 13.3 cm Verificado
Caso de carga más desfavorable: 1 PERM1

Perfil correcto !!!

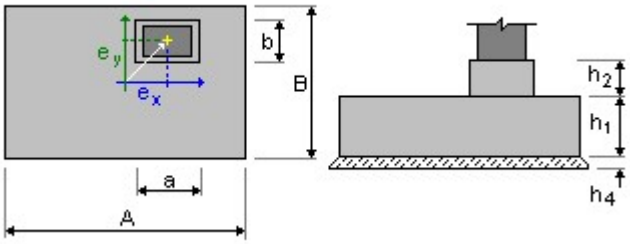
1 Cimentación aislada: Zapata fondos José Zorrilla Número: 1

1.1 Datos básicos

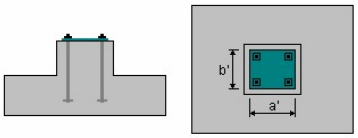
1.1.1 Hipótesis

- Norma para los cálculos geotécnicos : EN 1997-1:2008/AC:2009
- Norma para los cálculos de hormigón armado: EHE 99
- Forma de la cimentación : cuadrada

1.1.2 Geometría:



A	= 4,00 (m)	a	= 0,50 (m)
B	= 4,00 (m)	b	= 0,50 (m)
h1	= 0,75 (m)	e_x	= 0,00 (m)
h2	= 0,45 (m)	e_y	= 0,00 (m)
h4	= 0,05 (m)		



a' = 50,0 (cm)
b' = 50,0 (cm)
c1 = 5,0 (cm)
c2 = 5,0 (cm)

1.1.3 Materiales

- Hormigón: : HA - 35; resistencia característica = 35,00 MPa
  Densidad = 2501,36 (kG/m3)
- Armaduras longitudinales : tipo B 500 S resistencia característica = 500,00 MPa
- Armaduras transversales : tipo B 500 S resistencia característica = 500,00 MPa
- Armadura adicional: : tipo B 500 S resistencia característica = 500,00 MPa

1.1.4 Cargas:

Cargas sobre la cimentación:

Caso	Natura	Grupo	N (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)

PERM1	peso propio(Peso proprio)	1	1176,48	30,29	-0,00	-0,00	-0,00
G1	peso propio	1	1176,48	30,29	0,00	0,00	0,00

Cargas sobre el talud:

Caso	Natura	Q1 (kN/m2)

1.1.5 Lista de combinaciones

1/ ELU A1 : 1.35PERM1+1.35G1
2/ ELU A1 : 1.00PERM1+1.00G1
3/ ELU A2 : 1.00PERM1+1.00G1
4/ ELS : 1.00PERM1+1.00G1
5/* ELU : 1.35PERM1+1.35G1
6/* ELU : 1.00PERM1+1.00G1
7/* ELS : 1.00PERM1+1.00G1

1.2 Diseño geotécnico

1.2.1 Hipótesis

- Coeficiente de reducción de la cohesión: 0,00
- Cimentación prefabricada lisa 6.5.3(10)
- Deslizamiento considerando la presión del suelo: para las direcciones X y Y
- Enfoque de cálculo: 1

A1 + M1 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,00
$\gamma_{c'}$ = 1,00
γ_{cu} = 1,00
γ_{qu} = 1,00
γ_{γ} = 1,00
$\gamma_{R,v}$ = 1,00
$\gamma_{R,h}$ = 1,00

A2 + M2 + R1

$\gamma_{\phi'}$ = 1,25
$\gamma_{c'}$ = 1,25
γ_{cu} = 1,40
γ_{qu} = 1,40
γ_{γ} = 1,00
$\gamma_{R,v}$ = 1,00
$\gamma_{R,h}$ = 1,00

1.2.2 Suelo:

Nivel del suelo: N_1 = 0,00 (m)
Nivel max. de la cimentación: N_a = 0,00 (m)
Nivel del fondo del excavado: N_f = -8,00 (m)

Clay

- Nivel del suelo: 0.00 (m)
- Peso volumétrico: 2243.38 (kG/m3)
- Densidad del sólido: 2753.23 (kG/m3)
- Angulo de rozamiento interno: 25.0 (Deg)
- Cohesión: 0.06 (MPa)

1.2.3 Estados límites

Cálculo de las tensiones

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme
Combinación dimensionante: **ELU A1 : 1.35PERM1+1.35G1**
Coeficentes de carga: **1.35** * peso de la cimentación
1.35 * peso del suelo
Resultados de cálculos: en el nivel del asiento de la cimentación
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 611,61 (kN)
Carga de diseño:
Nr = 3788,11 (kN) Mx = -0,00 (kN*m) My = 98,14 (kN*m)

Método de cálculos de tensión admisible: Semiempírico - límite de tensiones

Excentricidad de la carga:
$|e_B|$ = 0,03 (m) $|e_L|$ = 0,00 (m)
Dimensiones equivalentes de la cimentación:
B' = B - 2$|e_B|$ = 3,95 (m)
L' = L - 2$|e_L|$ = 4,00 (m)

qu = 0.30 (MPa)

p_{le}* = 0,26 (MPa)
D_e = Dmin - d = 1,20 (m)
k_p = 0,86
q'_0 = 0,03 (MPa)

qu = kp * (ple*) + q'_0 = 0,25 (MPa)

Tensión en el suelo: qref = 0.25 (MPa)
Coeficiente de seguridad: qlim / qref = 1.028 > 1

Alzamiento

Alzamiento en ELU
Combinación dimensionante: **ELU A1 : 1.35PERM1+1.35G1**
Coeficentes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Superficie de contacto: s = 0,01
s_{lim} = 0,17

Deslizamiento

Combinación dimensionante: **ELU A2 : 1.00PERM1+1.00G1**
Coeficentes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 453,04 (kN)
Carga de diseño:
Nr = 2806,01 (kN) Mx = -0,00 (kN*m) My = 72,70 (kN*m)
Dimensiones equivalentes de la cimentación: A_ = 4,00 (m) B_ = 4,00 (m)
Superficie de deslizamiento: 16,00 (m2)

Coeficiente de rozamiento cimentación - suelo: tan(δ_d) = 0,24
Cohesión: c_u = 0.05 (MPa)
Presión del suelo considerada:
Hx = 60,58 (kN) Hy = 0,00 (kN)
Ppx = -134,16 (kN) Ppy = 0,00 (kN)
Pax = 22,10 (kN) Pay = 0,00 (kN)
Valor de la fuerza de deslizamiento H_d = 0,00 (kN)
Valor de la fuerza de estabilización para el deslizamiento de la cimentación:
- en el nivel del asiento: R_d = 672,05 (kN)

Estabilidad a deslizamiento: ∞

Hundimiento medio

Tipo de suelo debajo de la cimentación: uniforme
Combinación dimensionante: **ELS : 1.00PERM1+1.00G1**
Coeficentes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 453,04 (kN)
Tensión media debida a la carga de dimensionado: q = 0,18 (MPa)
Espesor del suelo con hundimiento activo: z = 6,00 (m)
Tensión en el nivel z:
- adicional: σ_{zd} = 0,03 (MPa)
- debida al peso del suelo: $\sigma_{z\gamma}$ = 0,16 (MPa)

Hundimientos:
- primario s' = 0,5 (cm)
- secundario s'' = 0,0 (cm)
- TOTAL S = 0,5 (cm) < Sadm = 5,0 (cm)

Coeficiente de seguridad: 9.986 > 1

Diferencia de hundimientos

Combinación dimensionante: **ELS : 1.00PERM1+1.00G1**
Coeficentes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Diferencia de hundimientos: S = 0,1 (cm) < Sadm = 5,0 (cm)
Coeficiente de seguridad: 52.52 > 1

Vuelco

Alrededor del eje OX
Combinación dimensionante: **ELU A1 : 1.00PERM1+1.00G1**
Coeficentes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 453,04 (kN)
Carga de diseño:
Nr = 2806,01 (kN) Mx = -0,00 (kN*m) My = 72,70 (kN*m)
Momento estabilizador: M_{stab} = 5612,01 (kN*m)
Moment de vuelco: M_{renv} = 0,00 (kN*m)
Estabilidad al vuelco: ∞

Alrededor del eje OY
Combinación dimensionante: **ELU A1 : 1.35PERM1+1.35G1**
Coeficentes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Peso de la cimentación y del suelo superpuesto: Gr = 453,04 (kN)
Carga de diseño:
Nr = 3629,54 (kN) Mx = -0,00 (kN*m) My = 98,14 (kN*m)

Momento estabilizador: M_{stab} = 7259,09 (kN*m)
Moment de vuelco: M_{renv} = 98,14 (kN*m)
Estabilidad al vuelco: 73.97 > 1

1.3 Diseño de hormigón armado

1.3.1 Hipótesis

- Ambiente : I

1.3.2 Análisis de punzonamiento y de cortante

Cizalladura

Combinación dimensionante: **ELU : 1.35PERM1+1.35G1**
Coeficentes de carga: **1.00** * peso de la cimentación
1.00 * peso del suelo
Carga de diseño:
Nr = 3629,54 (kN) Mx = -0,00 (kN*m) My = 98,14 (kN*m)
Longitud del perímetro crítico: 4,00 (m)
Esfuerzo cortante: 869,79 (kN)
altura útil de la sección h_{eff} = 0,69 (m)
Superficie de cizalladura: A = 2,76 (m2)
Cuantía de armadura: ρ = 0.17 %
Tensión cortante: 0,32 (MPa)
Tensión cortante admisible: 0,47 (MPa)
Coeficiente de seguridad: 1.505 > 1

1.3.3 Armadura teórica

Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

ELU : 1.35PERM1+1.35G1
My = 1365,27 (kN*m) A_{sx} = 11,54 (cm2/m)

ELU : 1.35PERM1+1.35G1
Mx = 1322,62 (kN*m) A_{sy} = 11,17 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 6,75 (cm2/m)

Armaduras superiores:

My = 0,00 (kN*m) A'_{sx} = 6,75 (cm2/m)

Mx = 0,00 (kN*m) A'_{sy} = 6,75 (cm2/m)

$A_{s\ min}$ = 6,75 (cm2/m)

Fuste:
Armaduras longitudinales A = 10,00 (cm2) $A_{mín.}$ = 10,00 (cm2)

A = 2 * (Asx + Asy)
Asx = 1,88 (cm2) Asy = 3,13 (cm2)

1.3.4 Armadura real

2.3.1 Cimentación aislada:

Armaduras inferiores:

Dirección X:

30 B 500 S 14 l = 3,90 (m) e = 1*-1,88 + 29*0,13

Dirección Y:

30 B 500 S 14 l = 3,90 (m) e = 1*-1,88 + 29*0,13

Superiores:

Dirección X:

35 B 500 S 10 l = 3,90 (m) e = 1*-1,87 + 34*0,11

Dirección Y:

35 B 500 S 10 l = 3,90 (m) e = 1*-1,87 + 34*0,11

2.3.2 Fuste

Armaduras longitudinales

Dirección X:

3 B 500 S 12 l = 2,97 (m) e = 1*-0,16 + 2*0,16

Dirección Y:

2 B 500 S 12 l = 3,02 (m) e = 1*-0,16 + 1*0,32

Armaduras transversales

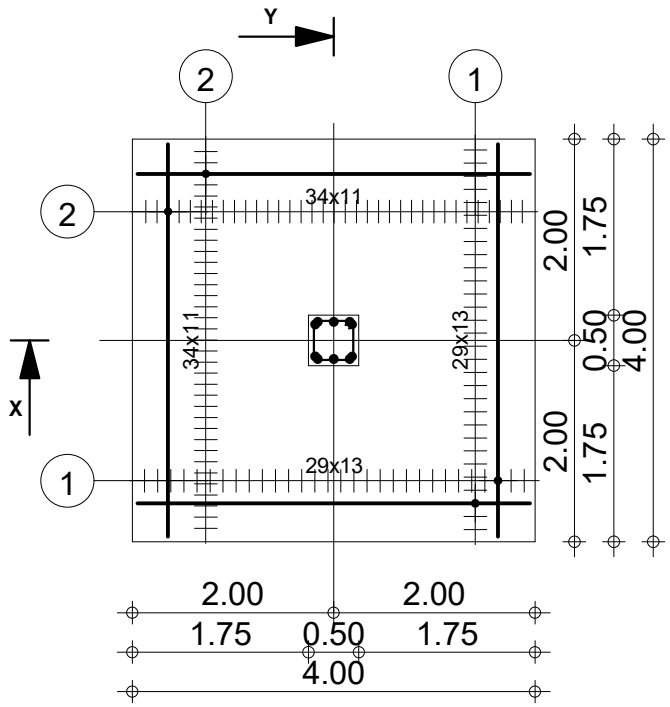
7 B 500 S 10 l = 1,70 (m) e = 1*0,12 + 4*0,20 + 2*0,09

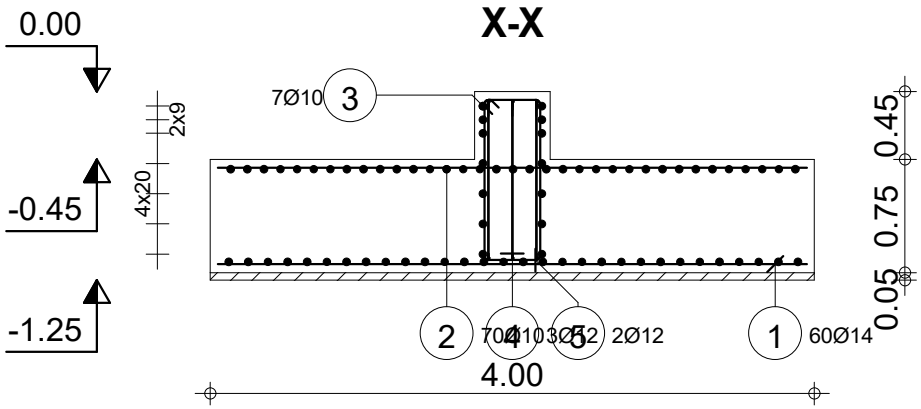
2 Cuantitativo:

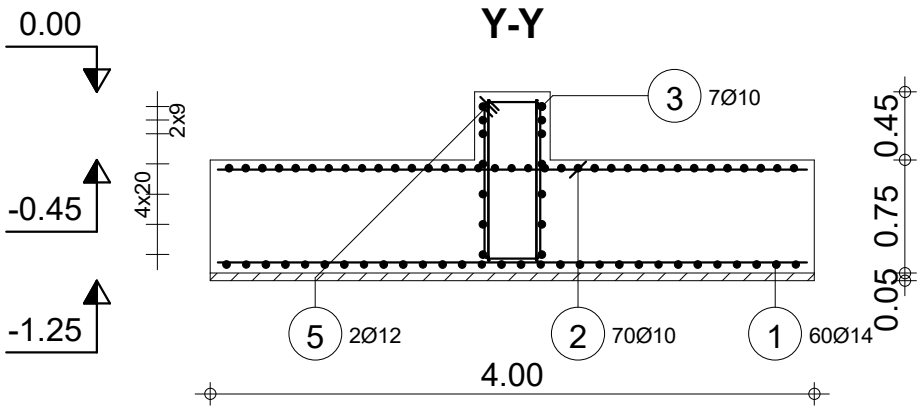
- Volumen del hormigón = 12,11 (m3)
- Superficie de encofrado = 12,90 (m2)

- Acero B 500 S
  - Peso total = 471,84 (kG)
  - Densidad = 38,95 (kG/m3)
  - Diámetro medio = 11,8 (mm)
  - Lista según diámetros:

Diámetro	Longitud (m)	Número:
10	1,70	7
10	3,90	70
12	2,97	3
12	3,02	2
14	3,90	60







Posic.	Armaduras		Forma	Acero	Posic.	Armaduras		Forma	Acero
1	60Ø14	l=3.90	3.90	B 500 S	4	3Ø12	l=2.97	0.38 1.05 0.10	B 500 S
2	70Ø10	l=3.90	3.90	B 500 S	5	2Ø12	l=3.02	0.38 1.07 0.10	B 500 S
3	7Ø10	l=1.70	0.40 0.40 0.08	B 500 S					

Tel. Fax

Resistencia a las fisuraciones categoría 3

Hormigón : HA - 35 = 12.1 m3

Acero B 500 S = 451 kg

Acero B 500 S = 20.6 kg

Superficie del encofrado = 12.9 m2

Recubrimiento c1 = 5 cm, c2 = 5 cm

Densidad = 39.01 kg/ m3

Nivel ±0,00

Estructura

Cimentación1

Número 1

Escala para la vista 1/75

Escala para la sección 1/50

Página 1/1

ANEJO Nº12 – IMPACTO AMBIENTAL

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de este anejo es contabilizar las acciones potencialmente peligrosas para el medio ambiente relacionadas con la construcción de la cubierta y dar una serie de medidas correctoras o preventivas para minimizar la afección al medio ambiente.

La mayoría de las medidas son de carácter correctivo y vienen marcadas por una DIA (Declaración de Impacto Ambiental) que fue emitida por el Ayuntamiento de Valladolid con motivo de una posible remodelación del Estadio.

2. ANTECEDENTES

La DIA antes mencionada fue publicada por el Ayuntamiento de Valladolid en 2014 en respuesta a un Estudio Previo de Soluciones realizado ese mismo año. Esta Declaración citaba una serie de impactos a tener en cuenta tanto en la fase de construcción como en la fase de explotación.

Se debe aclarar que este Anteproyecto responde a un diseño de una nueva cubierta para el estadio, que al fin y al cabo no es otra cosa que una remodelación. Ésta se basa en la retirada de las cubiertas actuales y en ciertas demoliciones de elementos que no se necesitan, intentando aprovechar al máximo la estructura existente.

3. PROPUESTAS DE REUTILIZACIÓN DE MATERIALES

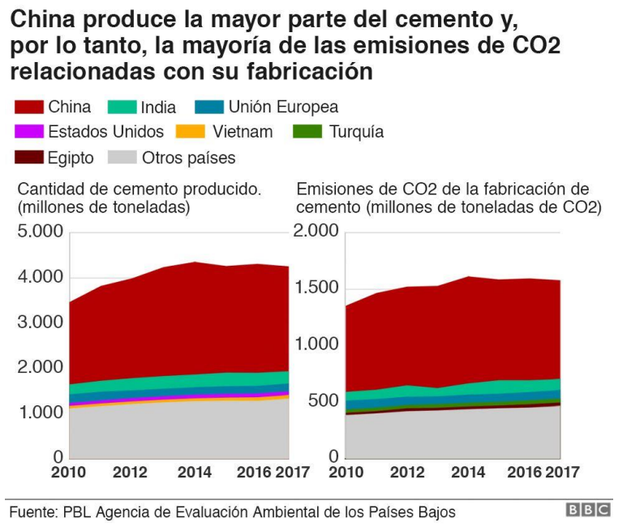
Con los elementos retirados como las planchas de acero galvanizado de la cubierta se podrían reutilizar para cubrir ciertas zonas de la fachada, para nuevos cerramientos de posibles añadidos al estadio como tiendas o bares, o simplemente para fundición si no están demasiado dañadas y corroídas. Las correas y los tirantes retirados también podrían ser reutilizados de algún modo, al ser de acero, para minimizar los residuos y por tanto el impacto.

Los pilonos de hormigón, que serán cortados a cierta altura para colocar la celosía de compresión de la nueva cubierta, también se pueden reciclar transportándolos a una planta de reciclaje donde serán triturados convirtiéndose en árido. Éste árido se puede utilizar para subbases de carreteras, para barreras rígidas de hormigón o como agregado en nuevos hormigones, actuando como fracción gruesa.

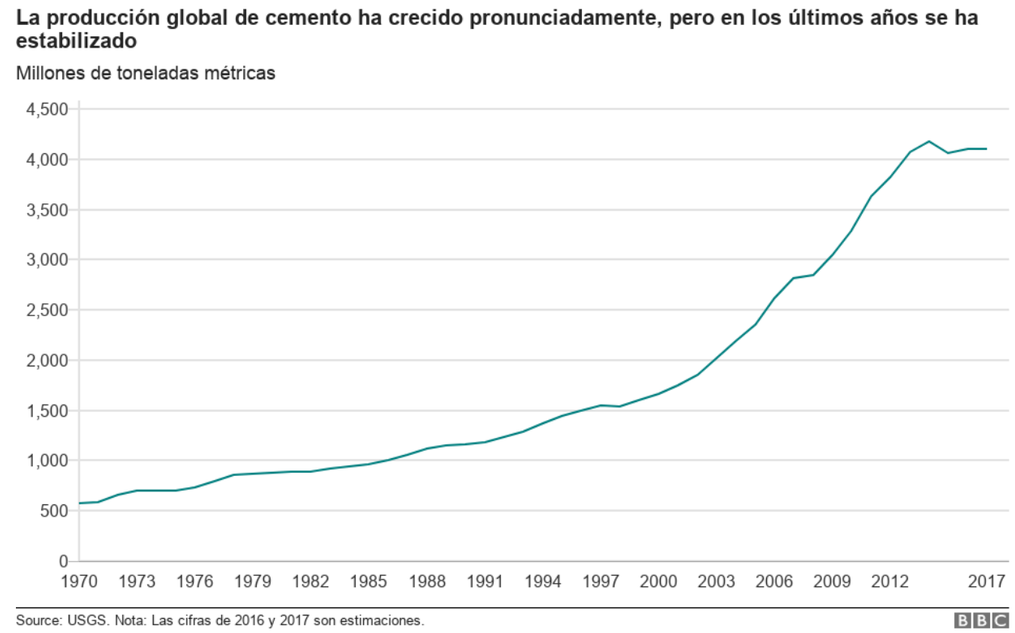
Detalle de los pilonos de hormigón y los tirantes de acero de la cubierta que se repiten 19 veces por tribuna.

El hormigón, presente en la vasta mayoría de obras de construcción supone un reto medioambiental a tener en cuenta. Se producen alrededor de 6.000 millones de camiones de hormigón al día [1] , que durante su fabricación, al producirse la reacción de carbonatación del cemento se emite CO_2 a la atmósfera, contribuyendo , según los últimos datos , ente un 5 y un 8% de las emisiones globales de dióxido de carbono. También se contamina durante la fase de excavación en las canteras, con el polvo levantado y con el combustible de la maquinaria utilizada. Pero la mayor parte del CO_2 que se produce viene de los hornos giratorios en la fabricación de Clinker, por lo que se están investigando nuevos

hormigones con cementos sin clínker o bajo contenido en carbono. Este 8% emitido a la atmósfera representa una cifra superior a la generada por los combustibles de aviación y cercana a la que produce la agricultura [2]. Se habla de que el hormigón es el segundo recurso más consumido del planeta, sólo por detrás del agua. También un dato curioso a comentar es que, si la industria del cemento fuera un país, sería el tercero que más emisiones produciría sólo por detrás de USA y China (dicho país utilizó más cemento entre 2011 y 2013 que USA en todo el siglo).



La producción de cemento además ha crecido sin freno durante el siglo XX, hasta que recientemente se ha estabilizado, pero se espera que se vuelva a acelerar la producción global puesto que los países en vías de desarrollo impulsarán la rápida urbanización y una duplicación de las áreas edificadas en los próximos 40 años.



Por lo tanto, al ser un material tan utilizado en el mundo es un gran foco de atención en el que centrarse de cara al futuro para reducir las emisiones de CO_2 y contribuir a la lucha contra el calentamiento global. En concreto en este proyecto, se intentan disminuir estas emisiones puesto que con la tipología estructural elegida y el material de la cubierta se reduce en grandes cantidades el uso de hormigón.

Se debe mentar también que las luminarias retiradas se intentarán conservar para volver a instalar en la siguiente cubierta, así como los calefactores que cuelgan de la cubierta de la Tribuna Oeste para reutilizarlos en la remodelación.

4. MATRIZ DE IMPACTOS

Se ha confeccionado una matriz de los principales impactos de esta obra durante su fase de construcción y durante su fase de explotación.

		FASE DE CONSTRUCCIÓN							FASE DE EXPLOTACIÓN	
Variables ambientales e indicadores		Desmontaje de los elementos existentes	Despeje y desbroce	Tránsito de maquinaria	Accesos y caminos de obra	Construcción de estructuras y drenajes	Terrenos de montaje y vertedero	Generación de residuos	Zona urbanizada	Residuos y aguas residuales
CLIMA Y CALIDAD ATMOSFÉRICA	Calidad del aire									
	Niveles de ruido									
	Contaminación lumínica									
GEOMORFOLOGÍA NATURAL	Alteración de la forma natural									
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	Alteración de la red de drenaje									
	lidad de las aguas superficiale									
HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA	Alteración aguas subterráneas									
	Afección a acuíferos									
SUELOS	Pérdida de la capacidad productiva de los suelos									
	Incremento de la erosión									
VEGETACIÓN Y FAUNA	Afección a formaciones vegetales de interés									
	Incremento del riesgo de incendio									
	Pérdida de hábitats de fauna									
	Generación de efecto barrera									
PAISAJE	Incidencia visual									
ESPACIOS NATURALES	Ocupación lugares de interés									
ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y TERRITORIALES	Aumento de rentas y dinamización económica									
	Aumento del tráfico en días de partido									
	Molestias actividades del RVCF									

En rojo se muestran los impactos con carácter negativo y en verde los que pueden producir un beneficio al indicador.

5. ESTUDIO DE LOS IMPACTOS MÁS IMPORTANTES

Zonificación

No es necesario zonificar la obra debido a las dimensiones que tiene. Es una actuación dentro de la parcela del Estadio , calificada como Suelo Urbano con carácter de equipamiento, y que no ocupará mucho más de 3 hectáreas, lo que es el Estadio y zonas del perímetro. Se encuentra en una zona sin interés medioambiental y sin restricciones de ese tipo. Al ser una obra de remodelación tampoco se producirán grandes impactos pero si será importante tener claro el plan de gestión de residuos.

Impactos importantes

A) Construcción

- Impactos de calidad del aire y ambiente: ruido, polvo.
- Geomorfología: alteración de la forma natural en zonas de montaje y de vertedero.
- Acero retirado de la cubierta antigua.
- Reciclaje: impacto positivo.
- Alteración del drenaje.
- Riesgo de incendios.
- Paisaje: incidencia visual.
- Aumento de rentas: impacto positivo.
- Molestias a la actividad normal del Club y partidos.

B) Explotación

- Contaminación lumínica
- Generación de residuos.
- Aumento del tráfico.
- Incidencia visual.

Impactos recalcados en la DIA

La declaración de impacto ambiental se centra en que hay que tener cuidado con las molestias a los vecinos durante la construcción. Aunque examinando la zona en la que se sitúa el estadio, no se encuentran viviendas a menos de 500 m, encima del centro comercial contiguo. Luego nuestras medidas paliativas en este proyecto se van a basar en minimizar las molestias hacia los trabajadores del Club, tanto de los equipos de fútbol como de los empleados en las oficinas.

5.1. MEDIDAS CORRECTORAS

Medidas obligadas por la DIA

- Polvo levantado: Se regarán los caminos a primera hora de la mañana, a mediodía y a finalizar la jornada.
- Vibraciones por perforaciones: Se deberá excavar con medios mecánicos de gran rendimiento en cuanto vibraciones se refiere para no afectar a la estructura existente del José Zorrilla.
- Ruido: La maquinaria no superará los 10 años de antigüedad para así asegurar un buen nivel de mantenimiento aceptable con el entorno del estadio, Centro comercial y Centro Cultural Miguel Delibes.
- Contaminación de la maquinaria: Todos los vehículos deberán cumplir con la normativa vigente de emisión de gases.
- Demolición: Se deberán separar correctamente los materiales de la cubierta, por un lado el hormigón de los pilonos, por otro los tirantes y los perfiles metálicos de las correas y la celosía y por último las planchas de acero galvanizado. A cada material se le dará el siguiente tratamiento:
    - Hormigón: Se llevará a una planta de reciclado para ser triturado y posteriormente aprovechado como árido para carreteras o aditivos.
    - Acero estructural : Se llevará a una fundición para reciclar siempre y cuando no presente graves signos de corrosión (>10%).

- Chapas de acero cubierta: Se llevarán a fundición aquellas que no se puedan aprovechar para cerramientos de fachada que se pueden estudiar en futuros documentos. Para fundir estas chapas se deberá retirar la pintura de protección gracias a la cual se con servan en buen estado y es posible reutilizar su acero.

Medidas constructivas para interferir poco con el Real Valladolid C.F

Para minimizar la afección a las actividades del club , el patronaje, las membranas de ETFE vendrán cortadas de taller y se acopiarán en los aledaños del Estadio, ya sea en el aparcamiento o en la explanada del Fondo Sur.

Los perfiles que conforman la celosía del anillo de compresión vendrán marcados de taller y se montarán en los aledaños del estadio también para luego ser elevados hasta su posición final con grúas de alta capacidad. De esta forma se reduce el tiempo de obra.

Para la elevación del anillo de tracción , en la que se debe ocupar el césped y parte de las gradas con los cable radiales, se procurará realizar durante el verano para no interferir en el calendario de partidos del Real Valladolid.

Todo lo que sea evitar la introducción de grúas y gran maquinaria dentro del estadio repercutirá positivamente a la actividad del club.

Referencias :

[1] - https://blog.structuralia.com/el-reciclado-del-hormigon-y-sus-enormes-ventajas-medioambientales

[2] - https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783