

Cubierta y fachada de la remodelación del Estadio de Anoeta – San Sebastián

New Roof and façade for the renovation of Anoeta Stadium – San Sebastián

Eduardo Romero^a, Fernando Pinedo^b, Roberto Duque^c, Jose Luis Hervás^d

^aIngeniero de Caminos Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Jefe de Depart. de Edificación. err@fhecor.es

^bIngeniero de Caminos Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Jefe de Proyecto. fpb@fhecor.es

^cIngeniero de Caminos Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Ingeniero de Proyecto. rdc@fhecor.es

^dIngeniero de Caminos Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Ingeniero de Proyecto. jlht@fhecor.es

RESUMEN

El estadio de Anoeta situado en la ciudad de San Sebastián, fue inaugurado en 1993 con motivo de la celebración de los Campeonatos Europeos Junior de Atletismo y remplazó al mítico estadio de Atocha que databa de 1913. Transcurridos aproximadamente 25 años de su inauguración se decide eliminar la pista de atletismo para acercar al espectador al terreno de juego, incrementar el aforo hasta los 38.500 espectadores, mejorar de la accesibilidad, crear nuevos espacios para mejorar la explotación y modernizar la imagen exterior.

ABSTRACT

The Anoeta stadium, located in the city of San Sebastián, was inaugurated in 1993 on the occasion of the celebration of the European Junior Athletics Championships and replaced the mythical Atocha stadium dating from 1913. After approximately 25 years of its inauguration, it is decided to eliminate the athletics track to bring the spectator closer to the pitch, increase the capacity up to 38,500 spectators, improve accessibility and operating, and get better the exterior appearance.

PALABRAS CLAVE: cubierta, fachada, estructura metálica, etfe, revit

KEYWORDS: roof, façade, steel structure, etfe, revit

1. Descripción general de actuaciones

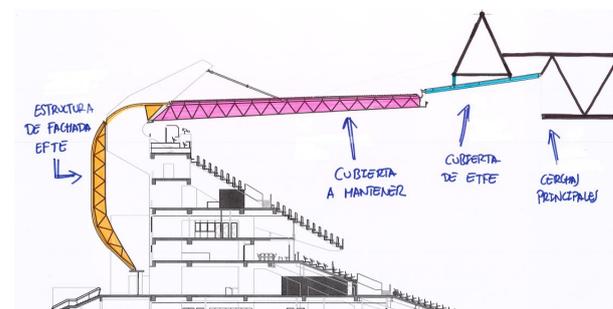
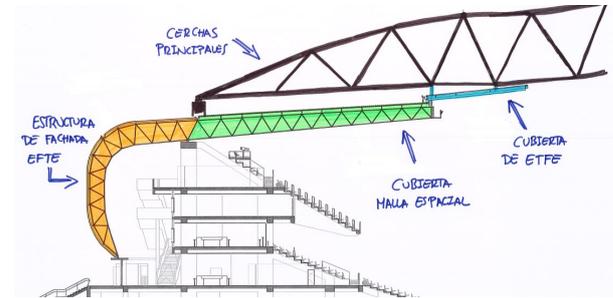
Las actuaciones más importantes en la estructura del estadio son las siguientes:

- Demolición de la grada y cubierta de los fondos norte y sur.
- Ampliación del área de cubierta mediante 4 grandes cerchas metálicas cruzadas. De estas cerchas cuelga la cubierta de los nuevos fondos y una nueva cubierta textil transparente.
- Montaje de la nueva fachada textil perimetral, resuelta con ETFE.

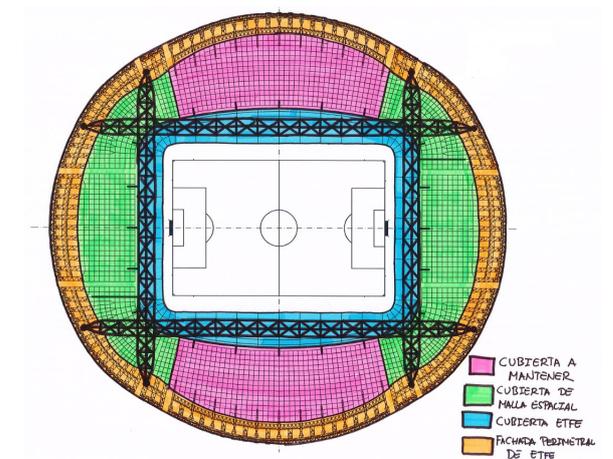
A continuación se muestran dos imágenes que corresponden al estado actual del estadio y el aspecto del estadio una vez remodelado:



se sitúan en las esquinas del estadio. De las cerchas principales cuelga la subestructura metálica necesaria para colocar una cubierta textil de ETFE transparente que servirá de elemento de cubrición.



Los fondos norte y sur se demuelen completamente y se construyen nuevos como se ha indicado con anterioridad. En estos fondos, la cubierta se resuelve mediante una malla espacial de tubos que se apoya sobre los pórticos de hormigón y que cuelga de las cerchas principales con la ayuda de unos tirantes metálicos.



Dentro del proyecto de remodelación del estadio se encuentra el objetivo de acercar los graderíos al campo de juego. Para ello se baja el nivel del campo y se suprime la pista de atletismo. Como consecuencia de estas actuaciones aparece la necesidad de cubrir las zonas del nuevo graderío más cercanas al terreno de juego, por lo que se requiere la ampliación de la cubierta.

La solución adoptada en la nueva cubierta del Estadio de Anoeta se compone de una estructura principal formada por cuatro grandes cerchas espaciales metálicas de sección triangular que se apoyan sobre ocho pilares que

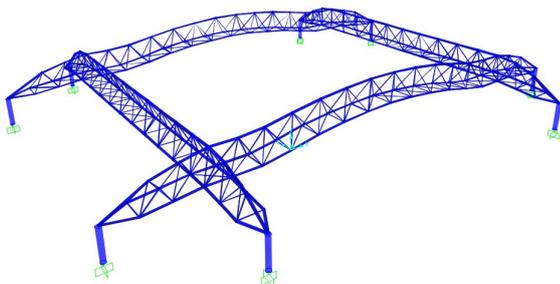
Por último, la fachada del nuevo estadio se resolverá en todo su perímetro, con ETFE translúcido coloreado en azul.

1.1 Cerchas principales

La estructura principal de la cubierta se compone de 4 cerchas metálicas espaciales de sección triangular. Las cerchas se cruzan en 4 puntos que aproximadamente se sitúan sobre las zonas de córner del campo de fútbol. Cada una de las cerchas apoya en dos pilares principales situados en las esquinas del campo. El apoyo sobre los pilares se resuelve mediante neoprenos anclados al hormigón.

Las dos cerchas más largas tienen forma curvada con el objetivo de acoplarse a la curva que dibuja la cubierta existente en las tribunas Este y Oeste, mientras que las dos cerchas cortas son horizontales y sin curvatura, correspondientes a los fondos Norte y Sur del estadio. La distancia entre apoyos para las cerchas largas es de 192,95 metros y para las cerchas cortas de 156,00 metros.

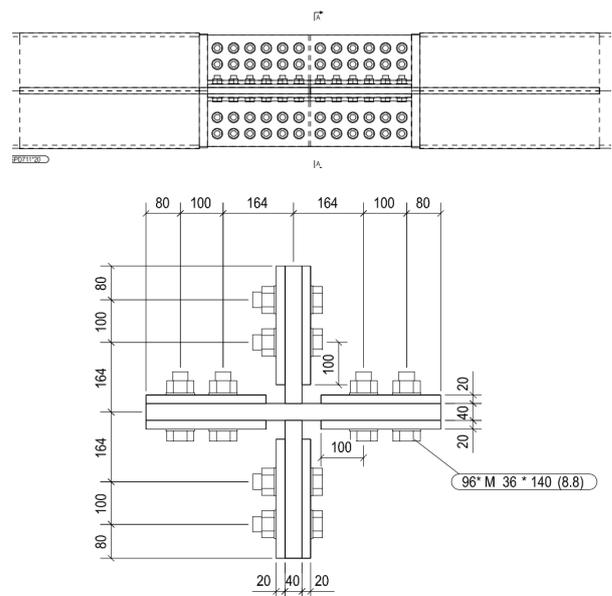
En ambos casos el canto de las secciones es de 8,75 metros y la separación entre cordones inferiores es de 8 metros entre sí.



El diseño de la estructura se ha realizado considerando que el estadio sigue en uso durante los eventos deportivos. Teniendo en cuenta este aspecto se ha diseñado el sistema de cerchas para respetar las competiciones y se han diseñado las cerchas de forma que pueden montarse en el exterior del estadio mientras que en el interior puedan desarrollarse los partidos.

Las cerchas largas, situadas en los laterales del estadio, soportan los bastidores de ETFE que protegen de la lluvia las nuevas gradas. Las cerchas cortas, dispuestas en los fondos soportan los bastidores de ETFE y la nueva cubierta espacial tubular. La cubierta espacial tubular se apoya en las cerchas principales mediante tirantes metálicos de sección circular articulados, de forma que se transmita únicamente carga vertical al nudo de la cercha pero los desplazamientos entre ambas estructuras sean independientes.

Todas las uniones ejecutadas en obra se han diseñado atornilladas de forma que queden ocultas. Dado que los perfiles principales son tubos la unión se ha resuelto conectando chapas dispuestas en cruz y se han cubierto con casquillos circulares roscados al perfil principal.



Las uniones quedan ocultas por un casquillo metálico, sellándose perimetralmente para evitar la entrada de agua.

atornilladas a esferas que conforman la rótula. El apoyo de los pórticos se realiza en algunos casos en la estructura existente y en otros en estructura nueva. En el caso de las tribunas Este y Oeste, la estructura de fachada debe adaptarse geoméricamente a la estructura existente del estadio, pues se mantienen los pórticos de hormigón existentes que sustentan la cubierta de tribunas. A continuación se muestra en sección la solución adoptada:

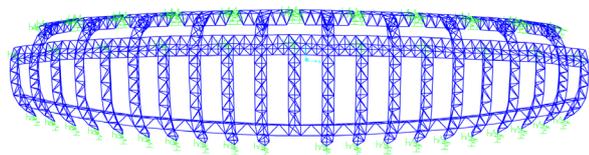
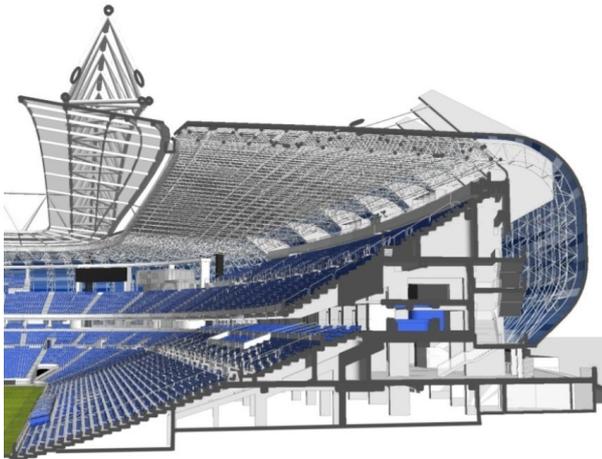


Figura 13. Estructura de fachada Este y Oeste.

1.4 Cubierta y fachada en fondos norte y sur

En los fondos se plantea una malla espacial formada por barras de acero atornilladas a esferas macizas. Esta estructura está colgada de las cerchas principales y apoyadas en los pórticos de hormigón de las gradas y zona de entrada. La modulación tipo es de 2,50 metros y el canto varía entre 1,30 metros y 2,40 metros. Se trata de una malla tridimensional dividida en zonas para facilitar el montaje y disminuir los efectos de las variaciones de temperatura.

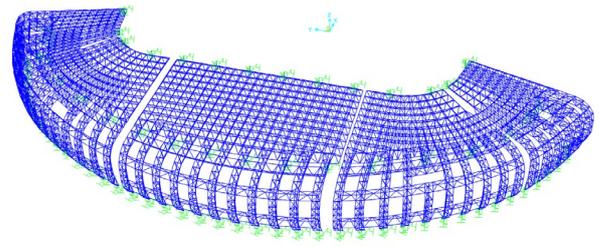


Figura 14. Estructura en fondos Norte y Sur.

La zona horizontal se cubre con una chapa opaca, mientras que a partir de los apoyos sobre los pórticos de las gradas, y a lo largo de la fachada, se convierte en una fachada textil translúcida del tipo ETFE.

1.5 Descripción de la membrana de ETFE de fachada

La estructura textil de la fachada tanto en los módulos superiores como inferiores consiste en un conjunto de cables que sirven de soporte a la membrana de ETFE de espesor 250 μm . El pretensado será de 20kN en el caso de los cables y de 0,5kN/m en el de la membrana.

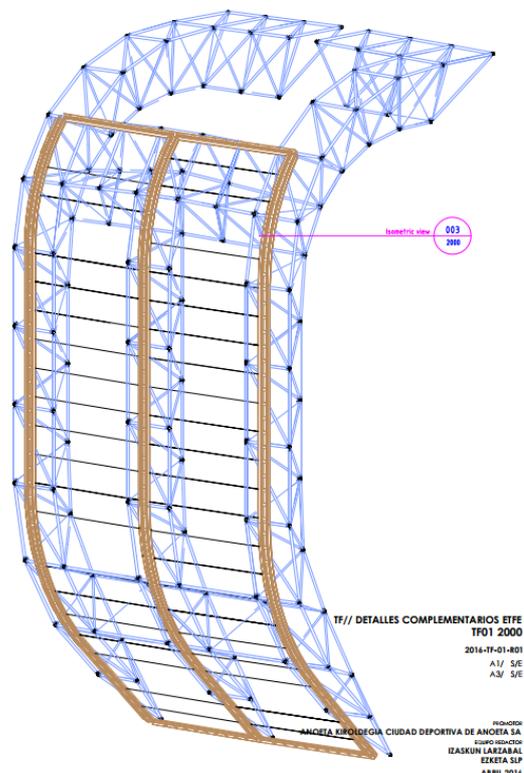


Figura 15. Bastidor de fachada.

La separación entre cables se decidió bajo el axioma de máximo aprovechamiento del ETFE. Con un espaciado entre cables de aproximadamente 800mm se consigue que con cada lote del fabricante (1550 mm de ancho) se confeccionen 2 paños simultáneamente y el material sobrante se puede utilizar para los bolsillos de los cables.

TRAMO INFERIOR DE LA FACHADA

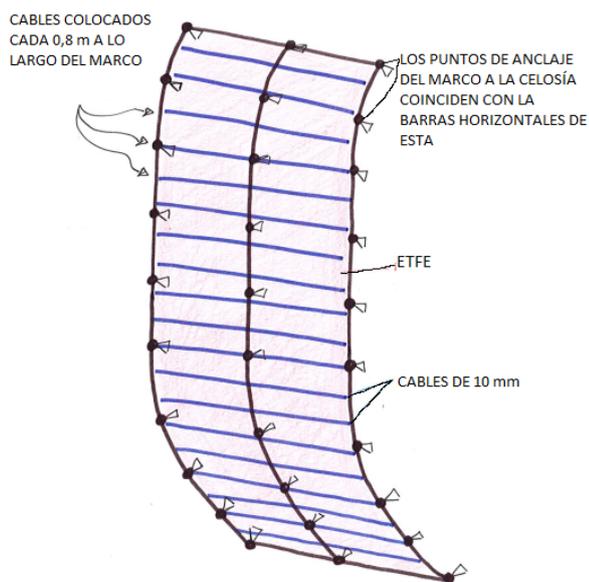


Figura 16. Esquema estructural modulo inferior.

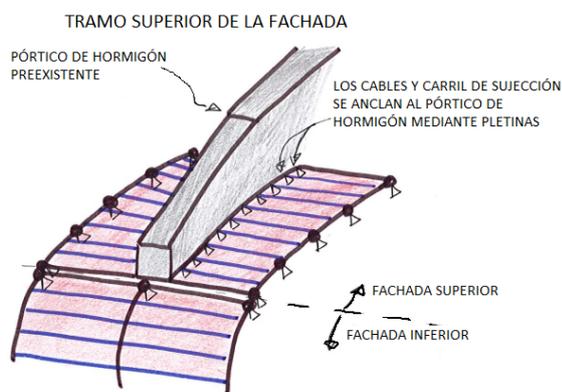


Figura 17. Esquema estructural módulo superior.

Las cargas de diseño son de viento (presión y succión) de 1kN/m^2 en ambos casos.

Los criterios de diseño de la membrana se aplican en carga de servicio, con un coeficiente de seguridad de 5 para el límite elástico, habitual en estas estructuras. Tras consultar la tabla de especificaciones, la resistencia a

tracción es de 10MPa , que aplicado a la membrana de $250\ \mu\text{m}$ supone una resistencia máxima de $2,5\ \text{kN/m}$.

Como criterio estético de diseño se utiliza un límite de deflexión vertical de $L/50$, que dadas las luces que permiten las vigas transversales, el valor límite es de aproximadamente 110mm .

2. Modelo BIM

Toda la estructura de fachada conformada por barras atornilladas a esferas, se compone de pórticos espaciales separados $5,50$ metros entre apoyos. El apoyo de los pórticos se realiza en algunos casos en la estructura existente y en otros en estructura nueva. En el caso de las tribunas Este y Oeste, la estructura debe adaptarse geoméricamente a la estructura existente del estadio.

Para la definición y representación de la estructura planteada no se hubiese entendido otra herramienta diferente al BIM debido a:

- La estructura de fachada Este y Oeste apoya en los pórticos de hormigón existentes, que dada su geometría es difícil de representar en otro sistema.
- Mayor facilidad para definir y representar geoméricamente la cubierta espacial.
- Correcta representación entre disciplinas y elementos que conforman la construcción.
- Mayor facilidad para resolver las incidencias que se produzcan durante la obra.
- El modelo puede seguir alimentándose durante la obra y ser el punto de partida del constructor.

El nuevo estadio tiene interferencias con la estructura existente, por lo que hubo que realizar un levantamiento topográfico que permitiese resolverlo lo más acertadamente posible. A partir de la estructura existente, se definió la posición de la envolvente de cubierta y de fachada. Con la envolvente geométrica definida se definió la posición de las cerchas

principales, bastidores y estructura espacial articulada.

Para la definición de la geometría estructural se utilizó el programa REVIT, previo paso por grasshopper.

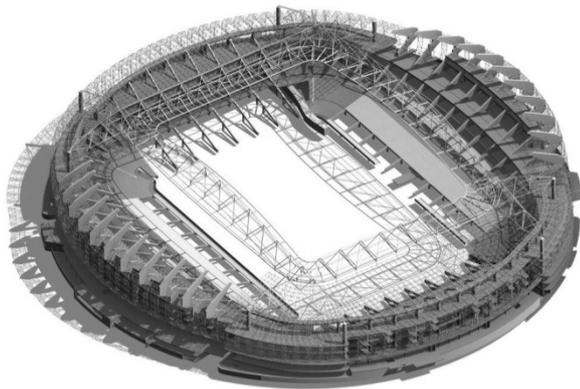
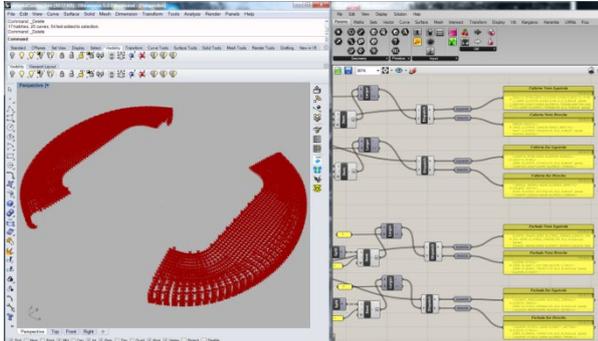


Figura 18. Modelo REVIT.

Posteriormente durante la fase de obra, la constructora utilizó el modelo para definir los diferentes elementos. Una vez demolido parte de los revestimientos y realizadas las catas pertinentes sobre la estructura a mantener, se pudo ajustar determinados elementos y detalles constructivos.

3. Proceso de montaje

El proceso de montaje de la estructura ha sido el siguiente:

1. Ejecución y pintado de los elementos transportables en taller. Los componentes de las cerchas y de los bastidores se suministran por elementos sueltos. Para la realización del modelo de taller se tuvieron en cuenta las contraflechas definidas.
2. Montaje en blanco en taller.



Figura 19. Montaje en blanco.

3. Se pre-montarán en obra sobre pórticos de pre-montaje y torres de apeo. Para el correcto montaje de la cercha se replanteó topográficamente los pórticos y torres de apeo, teniendo en cuenta las contraflechas. Vease como las cerchas de la tribuna Este y Oeste tienen en alzado una forma curva por lo que en algunos casos la separación del suelo es importante, resultando ya el premontaje un montaje en altura. La secuencia del premontaje fue cordones inferiores, arriostramiento horizontal de los corones inferiores, diagonales entre cordones inferiores y superior, y finalmente el cordón superior.

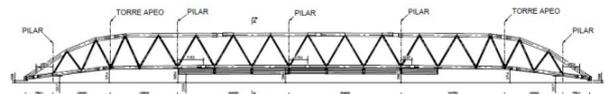


Figura 20. Cercha de fachada Norte y Sur.

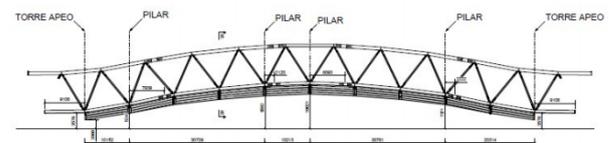
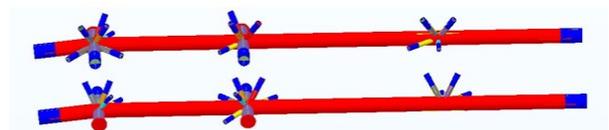
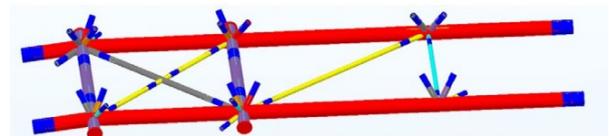


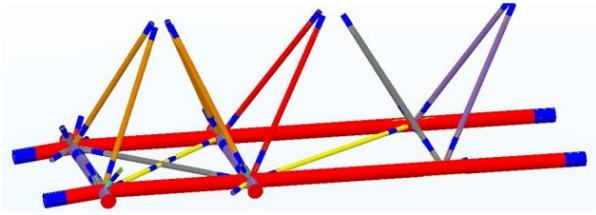
Figura 21. Cercha de fachada Este y Oeste.



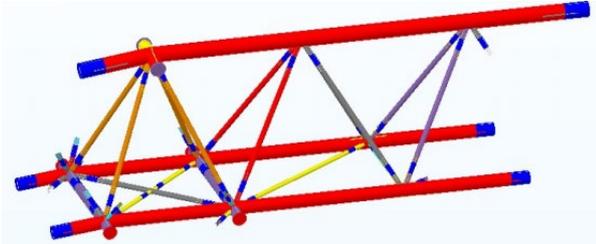
Montaje cordones inferiores



Arriostramiento cordones inferiores



Montaje de las diagonales.



Montaje cordón superior

Figura 22. Proceso de montaje de las cerchas.



Figura 23. Montaje de la cercha Norte.

4. Izado y colocación en altura de la cercha Norte junto con los bastidores centrales incluidos los cables y lámina de ETFE enrollada.



Figura 24. Izado de la cercha Norte.

Para el izado de las cerchas principales se usaron dos grúas móviles sobre orugas con una capacidad máxima de 650 Tn.

5. Izado y colocación en altura en la zona norte de los extremos de las cerchas Este y Oeste.



Figura 25. Izado de los extremos norte de la cerchas Este y Oeste.

6. Izado y colocación en altura de la cercha Sur y de los extremos sur de las cerchas Este y Oeste, al igual que los puntos anteriores.
7. Izado y colocación de los tramos centrales de las cerchas Este y Oeste.



Figura 26. Izado de la parte central de la cercha Oeste.

Esta fase es la más complicada porque las cerchas debían entrar entre la Norte y Sur ya posicionada. Para conseguir el hueco suficiente hubo que gatear las cerchas norte y sur ya colocadas para que girasen sobre sí mismas.

8. Gateado de todas las cerchas para poner todos los neoprenos a 0.
9. Montaje de estructura espacial de fachada y cubierta, junto con el ETFE.

