

PROYECTO ITER – OPERACIÓN DE IZADO DE LA CUBIERTA DEL EDIFICIO DE ENSAMBLAJE B13

ITER PROJECT – ROOF LIFTING OPERATION ASSEMBLY HALL B.13

Jordi MÁLAGA SALLES

Ingeniero de Caminos
Ferrovial Agromán S.A. (*)
Other Buildings Manager Iter – TB03
jmalaga@ferrovial.com

Claudio ROCHA

Ingeniero Civil
Martifer (**)
Deputy Manager
claudio.rocha@martifer.com

David REBOSO COLMENERO

Arquitecto Técnico
Ferrovial Agromán S.A. (*)
Other Building Site Engineer Iter – TB03
dreboso@ferrovial.com

Oriol RIBAS ESCOLÀ

Ingeniero de Caminos
Ferrovial Agromán S.A. (*)
Deputy Project Director Iter – TB03
oribas@ferrovial.com

José Miguel GÓMEZ RODRÍGUEZ

Ingeniero de Caminos
Ferrovial Agromán S.A. (*)
Design Coordinator Iter – TB03
jmgomez@ferrovial.com

Notas:

(*) Contratista dentro del Consorcio Adjudicatario del contrato TB03 de ITER: Joint Venture VFR (Vinci-Ferrovial-Razel).

(**) Subcontratista de VFR encargado de la estructura metálica del edificio B13 para el contrato TB03.

RESUMEN

El proyecto Iter surge de la necesidad de obtener energía limpia y suficiente para cubrir las necesidades actuales, aparece así en Cadarache (Francia) la construcción del primer gran reactor nuclear por fusión. Ente complejo tiene por corazón su reactor (Tokamak) y varios edificios de apoyo, uno de ellos, “The Assembly Hall”, un imponente hangar de estructura metálica de 5432 m² de superficie libre donde, por motivos de optimización de tiempo, su cubierta se elevó desde el suelo, completamente ensamblada, hasta su posición final a 55m de altura.

ABSTRACT

Iter project comes from the need to obtain clean and enough energy in order to cover the current needs. This is why the construction of the first biggest fusion nuclear reactor appears in Cadarache (France). This complex has its own heart in its reactor (Tokamak) and several auxiliary buildings, among them: The Assembly Hall, an imposing steel structure hangar of 5432 m² of free surface where in order to optimize the construction time, its roof was erected, completely assembled from the ground floor to the final position at 55m height.

PALABRAS CLAVE: Operación de izado, cubierta, gatos hidráulicos, Iter, estructura temporal.

KEYWORDS: lifting operation, roof, hydraulic jacks, lter, temporary structure.

1. Edificio de ensamblaje “the Assembly Hall” – B13.

No podríamos comprender esta operación sin antes mencionar esquemáticamente la magnitud de nuestro edificio. The Assembly Hall es un hangar de 5400 m² de superficie libre que alberga en su interior dos puentes grúas de 750 tn, uno de los más grande del mundo, y otros dos puentes de apoyo de 50 tn, instalados a 40 m de altura, ambos necesarios para el uso de nuestro edificio y ambos discurriendo por sus casi 100 m. de longitud. Tenemos, por lo tanto, el diseño de una mega estructura metálica, compuesta por dos fachadas principales a lo largo del edificio con la función principal de soportar los mencionados puentes grúas y la suportación de la estructura metálica de su cubierta en sus casi 50 metros de luz.

Dichas solicitaciones definen dos líneas de pilares en cada una de las fachadas longitudinales compuestas por 11 pilares cada una y dispuestas en 5 niveles (L) para la exterior y 4 en la interior. Las columnas exteriores, de más envergadura, de unos 6 metros de altura y unas 20 tn de peso. Un total de 198 columnas 99 en cada fachada longitudinal (figura 1).

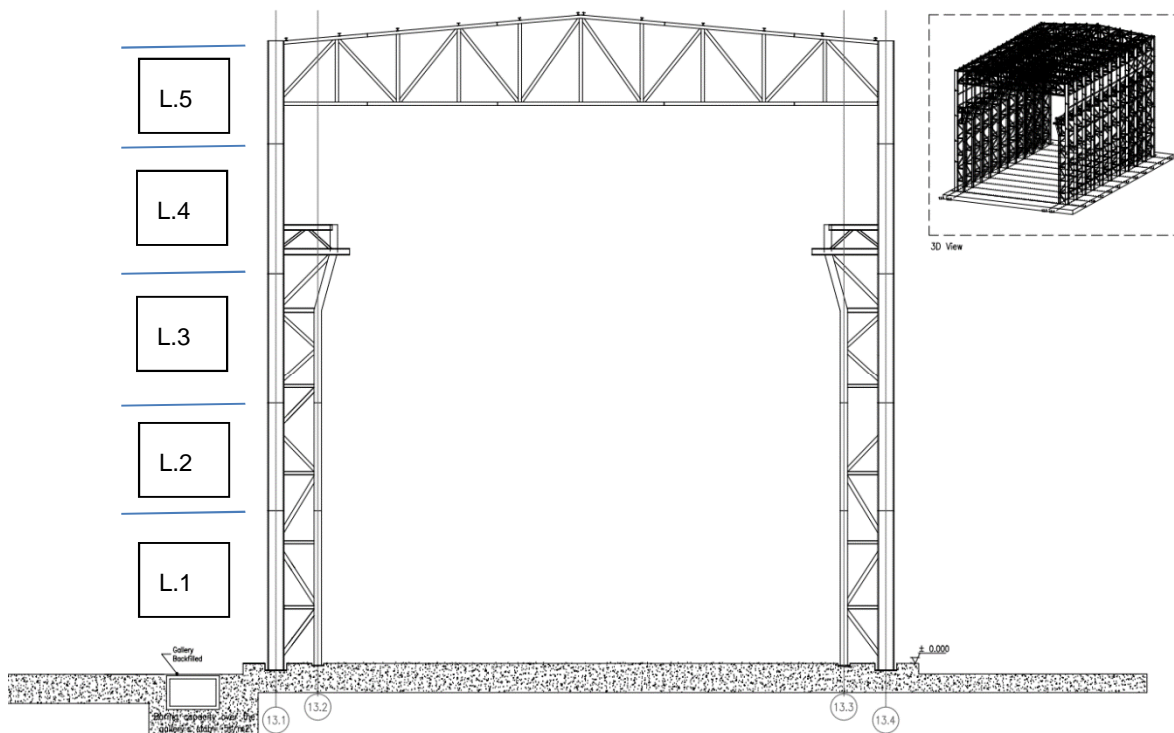


Figura 1. Sección transversal edificio

La sección transversal que se muestra en la figura 1 se repite en cada uno de los ejes numerados de la A a la K (11 ejes). Podemos apreciar que el entramado de perfiles a instalar es muy amplio. La estructura primaria supone unas 5.500 tn y la secundaria unas 600 tn más. Todas las uniones de la estructura están diseñadas atornilladas mediante placas de conexión.

La complejidad de los trabajos de ensamblaje de toda la estructura y su muy ajustado plazo de tiempo para su montaje (debido al hito inamovible de entrega del primer puente grúa suministrado e instalado por terceros), nos llevó a la idea de montar gran parte de la cubierta a nivel de suelo

prácticamente al mismo tiempo que se elevaban las estructuras de fachadas. Los trabajos de cubierta incluían: su estructura metálica incluyendo trabajos de ignifugación en ciertas áreas, sus múltiples pasarelas de mantenimiento, y todos los trabajos de impermeabilización incluyendo también la instalación de los múltiples exutorios previstos. Los trabajos de izado de la estructura metálica de las fachadas se empezaron con cierta antelación para finalizar su ensamblaje prácticamente al mismo tiempo que se terminaban los mencionados trabajos de cubierta. Una vez completados los ensamblajes de fachada y de cubierta a nivel de suelo se requeriría de una operación especial de izado de dicha cubierta incluyendo su posterior conexionado a la estructura de las fachadas.

Las ventajas que nos proporcionaba este procedimiento:

- Poder trabajar a la vez en el ensamblaje de la estructura de fachadas y cubierta minimizando el plazo de montaje de la estructura metálica.
- Minimizar los trabajos de ensamblaje/instalación a 60m de altura de la estructura metálica de cubierta, incluyendo sus pasarelas (más lentos y costosos).

Las dificultades de esta metodología se centraban en la gestión de la coactividad de diferentes oficios y por supuesto en la propia operación de izado en sí.

Seguidamente se procede a describir las etapas que se siguieron para dichas operaciones.

2. Elevación de las fachadas del edificio y ensamblado de la cubierta.

Elevar nuestra fachadas y pre-ensamblar la estructura del techo nos obligó a ampliar el horario de trabajo en diferentes turnos para la correcta gestión de la coactividad. El turno de día para el ensamblaje de las fachadas y el turno nocturno para el ensamblado de la cubierta.

Esta medida permitió el ensamblaje de las fachadas y la cubierta al mismo tiempo (figura 2) y marcando desde entonces un hito muy importante que sería la operación de izado de la cubierta y cumpliendo así el rígido y exigente plazo de finalización de la estructura principal del edificio.



Figura 2. Ensamblaje de la estructura de la cubierta

Como comentamos en el apartado anterior el ensamblado y los trabajos de instalación de los acabados de la cubierta e impermeabilización finalizaron al mismo tiempo que la estructura principal que lo sostendría (incluyendo la estructura temporal descrita en el punto 3).

Todas estos trabajos de izado de la estructura en las fachada y pre-ensamblado de la cubierta fueron metódicamente controlados topográficamente cumpliendo estrictamente las tolerancias exigidas para este tipo de operaciones como son el plomado y nivelado de cada una de las columnas en cada uno de sus niveles y la situación precisa de las cerchas de la cubierta, las cuales se ensamblaban perfectamente alineadas con sus respectivos ejes dejando un estricto margen de separación de 110mm entre las conexiones definitivas a 55m.

3. Instalación equipo de izado

3.1. Trabajos previos y estructura temporal

Además de la estructura principal de las fachadas otra estructura temporal tuvo que ser instalada para la realización de la operación de izado (Figura 3). Dicha estructura se alzaba con más altitud que la cubierta para permitir la instalación del equipo de izado formado por gatos hidráulicos invertidos.

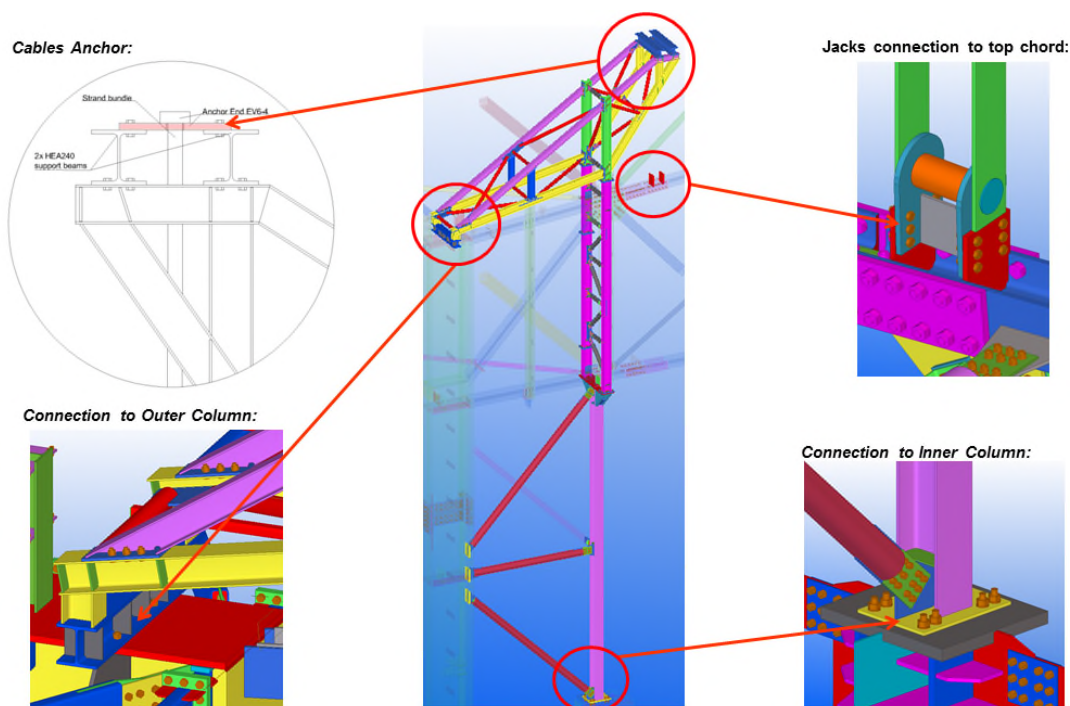


Figura 3. Estructura temporal

La estructura representada (Figura 3) es en su totalidad temporal y fue diseñada y dimensionada para transferir las cargas de la operación de izado a la estructura existente, la figura que se muestra se repite en cada uno de los ejes en ambas fachadas, se puede observar la conexión con las columnas interiores y exteriores de la fachada. Se detalla además en la parte más alta (60m de altura) el emplazamiento de los cables de elevación.

La estructura de techo, pre-ensamblada por completo en el interior de la losa del edificio, también fue reforzada con perfiles adicionales proporcionando mayor rigidez en los extremos interconectando todas las cerchas y permitiéndola trabajar como un solo conjunto rígido, evitando las deformaciones adicionales que esta operación infringiría al diseño de nuestra cubierta (Figura 4).

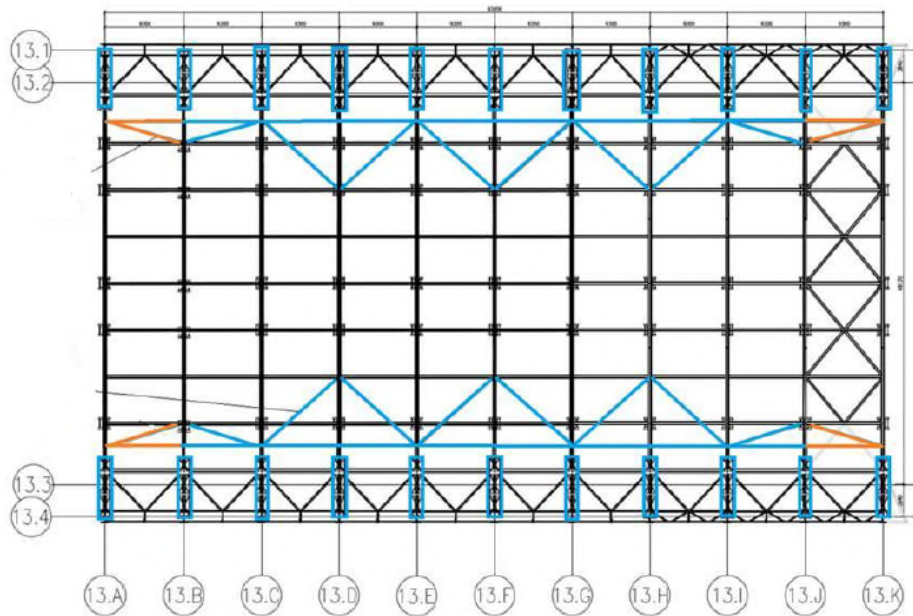


Figura 4. Estructura temporal en cubierta

Una vez finalizada la operación de izado la cubierta y la conexión definitiva de esta, toda la estructura temporal detallada fue desmantelada.

3.2. Instalación equipo hidráulico de izado (Heavy-Lift hidraulic system)

Para nuestra operación se utilizó un sistema de elevación sincronizada con gatos invertidos. Para la realización de estos trabajos la empresa subcontratista de la estructura metálica (Martifer) contó con el apoyo de la empresa VSL encargada de realizar la operación de izado. El sistema de izado estaba compuesto por:

- 22 gatos de elevación SLU40/300
- 22 cables de elevación de 5 hebras de 0.6 pulgadas de diámetro, 55 metros de longitud y un anclaje final EV6-4.
- 6 bombas hidráulicas
- Unidad de control computarizado con monitorizado de nivel y altura independientes en cada uno de los 22 puntos de elevación.
- Mangueras hidráulicas y eléctricas.

La primera tarea de nuestra instalación son la configuración del cableado de izado. Cada unidad se compone de cuatro hilos de acero que conectará el perfil de la estructura de la cubierta en su extremo con la parte superior de nuestra estructura temporal en la fachada (vigas de color azul en la parte superior de la figura 3).

Una vez colgado el cableado de elevación se continuó con la instalación de los gatos hidráulicos invertidos en los extremos de las cerchas conectando también cableado de elevación (Figura 4).



Figura 4. Posición gatos hidráulicos.

La bombas hidráulicas fueron montadas en las pasarelas existentes en la estructura inferior de nuestro entramado metálico de la cubierta. Estas pasarelas definitivas también fueron utilizadas para la instalación de los cuadros eléctricos y la distribución de todo el recorrido eléctrico e hidráulico de conjunto del sistema (Figura 5).

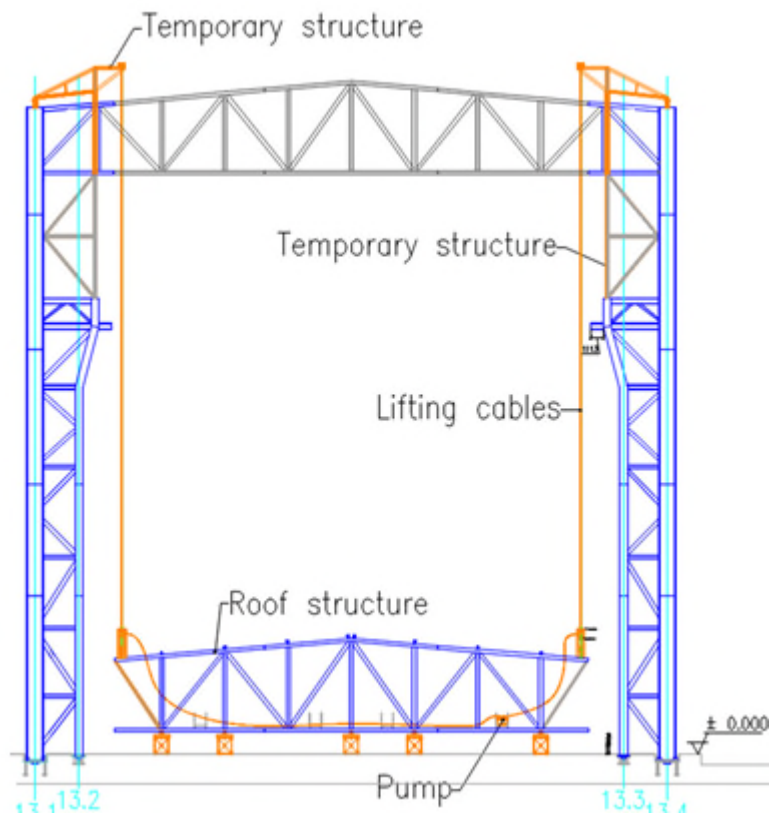


Figura 5. Esquema sistema de elevación

Por último, a nivel de suelo y fuera del ámbito de la operación se instaló la unidad informatizada de control donde se controlaría y se gestionaría toda la maniobra de izado (Figura 6).

**Figura 6. Unidad informatizada de control**

4. Operación de izado

4.1. Comprobaciones previas.

Una vez instalado el sistema de elevación comenzó el periodo de inspección compuesto por las siguientes comprobaciones previas:

- Levantamiento topográfico y comprobaciones de las columnas y la estructura de cubierta.
- Inspección de las conexiones definitivas, tolerancias admisibles y estado final de apriete de la estructura.
- Corrección inmediata de posibles no conformidades abiertas en relación al estado de la estructura.
- Aparte de las comprobaciones efectuadas por parte de los Subcontratistas (*Martifer* y *VSL*), Contratista (*VFR*) y la Dirección de Obra (*Engage*), se contrató una entidad de control tercera ("*Independent Checker*") para chequear toda la operación, incluyendo tanto a nivel de diseño y cálculos, como su ejecución en obra.
- Estabilización de los cables de izado.
- Estado actual de las condiciones climáticas y pronóstico.

4.2. Izado.

Realizados todos los controles previos y con la confirmación positiva por todas las partes sobre de todos los puntos de control se dio comienzo la operación de izado la tarde del 13/09/15.

El primer paso de nuestro levantamiento consistió en levantar solamente 20cm después de los cuales se detuvo la operación según lo preestablecido (Figura 7). Este primer escalón permite estabilizar la estructura de la cubierta y el correcto comportamiento de nuestra estructura en suspensión eran los previstos. Principalmente se comprueban deformaciones, sincronización de todo el equipo y posición topográfica del conjunto de la cubierta.



Figura 7. Izado 20cm

Una vez confirmada correcta transmisión de las cargas de la cubierta a las columnas a través del sistema de elevación el izado continuó su proceso. El proceso de izado completo no se realizó de forma continua sino que cada 10m era necesario realizar inspecciones para el engrase del sistema de cableado en cada uno de los 22 cables (Figura 8).

A mitad de operación con la cubierta a medio camino una amplia y rigurosa inspección tuvo lugar incluyendo en esta un levantamiento completo de la estructura del techo y de fachada. Este levantamiento se controlaba a través de dianas topográficas colocada en la parte superior e inferior en cada extremo de las cerchas de la cubierta y en la parte central de esta (Figura 9)

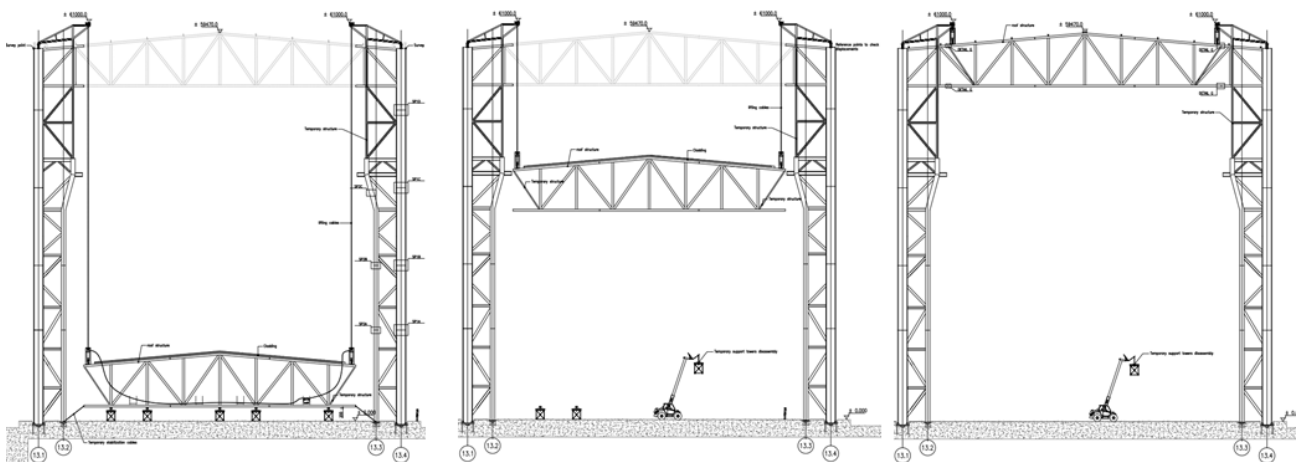


Figura 8. Etapas destacadas.



Figura 9. Etapa intermedia

Después de unas 36h de operación la cubierta se encontró en su posición definitiva dando comienzo a los trabajos de conexión de la cubierta con la fachada (Figura 9). Esta operación se realizó con un equipo de trabajo en cada fachada al mismo tiempo a fin de transferir la carga de la manera más compensada.

Una vez finalizados los trabajos de conexión y apriete de toda la estructura se relaja la carga del sistema hidráulico de elevación dando lugar a la transmisión definitiva de carga de nuestra cubierta a las fachadas.



Figura 10. Fin de la operación de izado

5. Agradecimientos

Al resto de empresas que conforman el consorcio VFR: Vinci y Razel.

Martifer: Empresa subcontratista de VFR para la ejecución de la estructura metálica.

VSL: Empresa subcontratista de Martifer para la operación de izado.