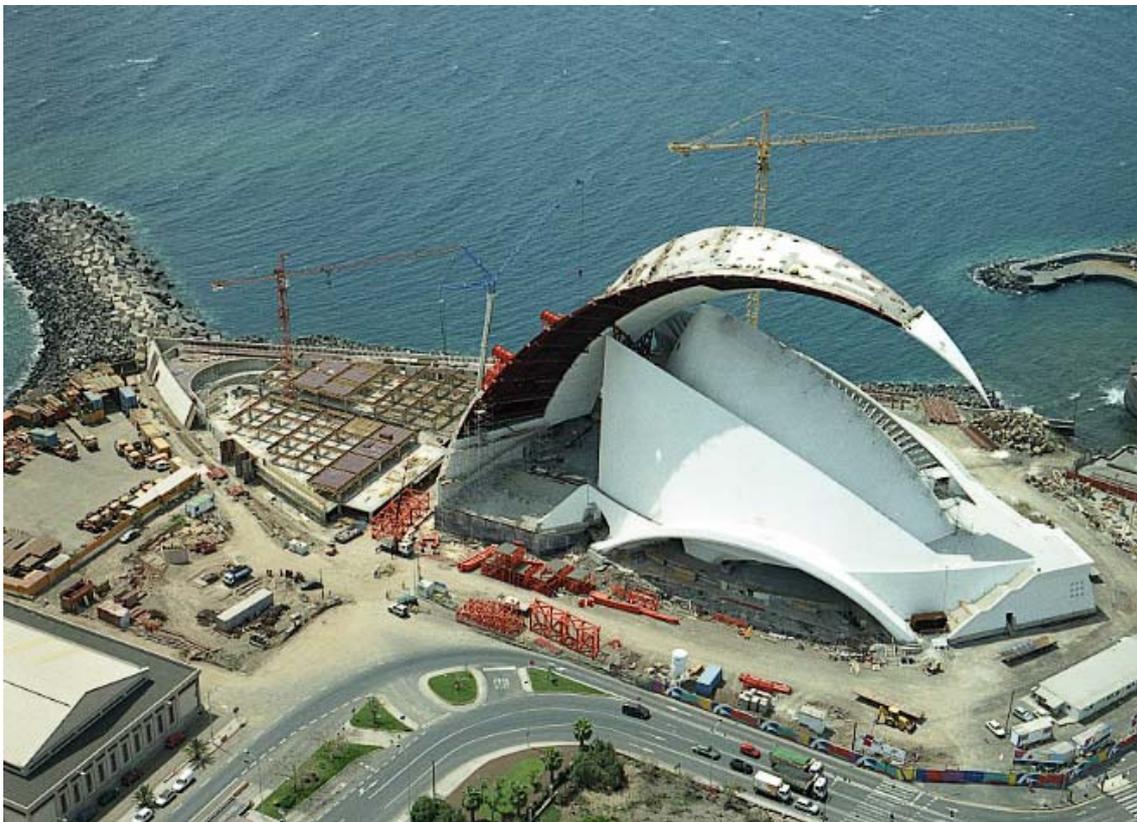


III CONGRESO DE ACE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



Realizaciones



SOBRECUBIERTA AUDITORIO DE TENERIFE

Manuel **BIEDMA GARCÍA**¹

¹ Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IBERINSA

RESUMEN

El Auditorio de Tenerife representa una gran obra escultórica constituida por varios elementos singulares. La Sobrecubierta del Auditorio, concebida como un ala de grandes dimensiones es por sí misma un elemento espectacular desde su concepción arquitectónica, posible gracias a su diseño estructural, que no sólo es función de las cargas que la solicitan sino que además responde a la capacidad de la estructura para soportar las importantes cargas resultantes del proceso constructivo ideado para el montaje del esqueleto metálico y el hormigonado de la losa inferior.

PALABRAS CLAVE

Auditorio, sistema constructivo, cimbra, estructura mixta

1. INTRODUCCIÓN

Entre el Parque Marítimo y el límite suroeste de Santa Cruz se ubica el nuevo Auditorio de Tenerife. Su construcción responde al deseo de convertir la costa del Cabo de Llanos en el espacio de cultura y ocio más importante de la ciudad. En sus salas está previsto que se celebren representaciones teatrales, óperas, espectáculos de danza, así como convenciones y congresos.

El auditorio se plantea como una gran escultura dispuesto sobre un zócalo o basamento desde la cota +3,00 a la +15,00. Sobre este zócalo se sitúa la cubierta de la sala principal que por su forma se denomina nuez. Ésta se encuentra protegida por unos muros laterales llamados velas y por la sobrecubierta del Auditorio. Estos tres elementos son los que dan mayor espectacularidad al conjunto.

En el año 1998 IBERINSA redactó el *Proyecto de la Sobrecubierta del Auditorio de Tenerife*, obra promovida por el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, y construido por la U.T.E. DRAGADOS O. P. - NECSO. Además, en el transcurso de la obra IBERINSA realizó la Asistencia Técnica, definiendo el proceso constructivo de la Sobrecubierta, tanto del montaje de la estructura metálica como las fases del hormigonado de la losa inferior.

Se describe a continuación el proyecto, ejecución y asistencia durante la construcción del Auditorio de Tenerife.

2. SOLUCIÓN ESTRUCTURAL PROYECTADA

El diseño de la Sobrecubierta es similar a un gran ala delta. Este gran ala se encuentra dividida por un plano de simetría. Cada una de las semipartes de las superficies inferior y superior está generada por tres superficies cónicas tangentes entre sí, formando la característica forma de ala. Las dimensiones aproximadas del elemento son 60 m de ancho máximo, 100 m de longitud en proyección horizontal, y 40 m de altura.

La Sobrecubierta nace del arco sur a la cota +24,00, elevándose hasta apoyar sobre el vértice de la nuez (cubierta de la sala principal), de donde apoya a la cota +51,6 a 22,5 m de distancia en planta. Desde aquí vuela en ménsula, afilando progresivamente su forma, una luz de 57,7 m.

Estructuralmente la sección transversal se compone de una chapa superior rigidizada, de almas, de chapas inferiores y de losa de hormigón conectada a las chapas inferiores. Estos elementos aseguran el comportamiento a flexión longitudinal del ala, trabajando fundamentalmente el ala superior rigidizada a tracción, y el ala inferior constituida por una losa de 22 cm de espesor a compresión, aprovechando así las características fundamentales de la estructura mixta acero – hormigón.

Transversalmente la estructura metálica se completa con la materialización de costillas formadas por perfiles tubulares obtenidos a partir de chapa plegada. Así, las almas de la sección quedan unidas por unos perfiles que conforman una celosía transversal cada 4 m que da gran rigidez al conjunto. La misión de estas costillas es conseguir hacer trabajar conjuntamente los diferentes elementos que conforman la sección en sentido longitudinal, además de arriostrar y rigidizar las almas.

La chapa superior es una chapa ortótropa de 3.539 m² que está unida a las almas que, según la sección, serán dos, cuatro o seis. La rigidización del ala superior se consigue por medio de unas artesas de chapa de 6 mm de espesor separadas aproximadamente 1 m entre sí. El espesor de la chapa superior es de 12 mm.

Las alturas de las almas son importantes, siendo en la costilla 1, 8,4 m, 5,9 m y 2,4 m, por lo que van rigidizadas longitudinalmente por artesas similares a las que rigidiza el ala superior. En la base de cada una de las almas se suelda una chapa inferior de 500 mm de ancho y 20 mm de espesor, a la que está conectada la losa inferior de hormigón.

La losa de hormigón tiene 22 cm de espesor. Está conectada al ala inferior de la estructura metálica mediante pernos tipo stud. Lleva una armadura rígida formada por perfiles IPE separados 75 cm soldados a las costillas. A estos perfiles se les suelda por puntos el mallazo superior e inferior de la losa, quedando totalmente embebidos en el hormigón.

La armadura rígida para la losa tiene dos importantes ventajas: La primera es que permite caminar por encima de ella en las operaciones previas al hormigonado, y la segunda es la calidad de acabado, pues las IPE pueden adaptarse perfectamente por curvado a la forma de la losa y con ellas los mallazos, algo difícil de conseguir con el ferrallado normal. Se consigue un recubrimiento final uniforme en toda la losa.

El gran ala que conforma la Sobrecubierta apoya sólo en dos puntos: sobre el Arco Sur y sobre la Nuez. Sobre el Arco Sur se disponen 4 aparatos de apoyo, más cargados los dos centrales que los extremos, los cuales fundamentalmente ayudan a estabilizar la Sobrecubierta frente a acciones horizontales.

El apoyo sobre la Nuez es sólo uno. Aquí la reacción máxima es del orden de 3000 t actuando en un único punto, para lo que se diseñó un aparato de apoyo en rótula que permitiera el giro de la Sobrecubierta en cualquier dirección. Este aparato de apoyo es de 800 mm de altura y de 700 mm de diámetro, moldeado con acero AM-52 con tratamiento de normalizado, y con elevadas exigencias de calidad de construcción.

El ala lleva un acabado de trencadís en su cara superior que potencia su carácter escultórico, mientras que la inferior no lleva más acabado que el hormigón blanco de la losa fabricado con encofrado machiembrado y berenjenos en dirección de las directrices de los conos con la misma cadencia que las costillas. En la losa se dejan previstos unos huecos que permiten la instalación de luminarias en las dos vertientes longitudinales del ala inferior.



Figura 1. Vista general del comienzo del montaje de la Sobrecubierta



Figura 2. Izado del Nudo de apoyo sobre la Nuez

3. DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN

En lo que respecta al proceso constructivo podemos destacar dos partes bien diferenciadas: el montaje de la estructura metálica y el hormigonado de la losa inferior.

La estructura metálica se realizó dividiendo la sobrecubierta en grandes bloques que posteriormente fueron izados por una grúa a su emplazamiento final, donde, una vez posicionados, se unirán entre sí mediante soldadura. Durante el proceso constructivo, la estructura se apoyó provisionalmente en su parte posterior sobre cilindros hidráulicos (dos por apoyo sobre el arco Sur).

Durante el montaje de la estructura metálica se realizó un apoyo provisional sobre la caja escénica, que facilitaba el montaje de las primeras dovelas o bloques, ya que éstas no eran lo suficientemente grandes como para llegar a apoyar directamente sobre la Nuez. Este apoyo provisional se diseñó por medio de unos puntales que se unían a las alas inferiores de las cuatro vigas centrales, y que apoyaban sobre neoprenos.

Para el hormigonado de la losa inferior se construyó un carro de hormigonado que, circulando por la cara superior de la estructura metálica, tenía dos brazos que permitían el transporte del encofrado para la ejecución de las tongadas sucesivas. Este carro presenta dificultades importantes: El movimiento en alzado, que pasa de vertical en el arranque a horizontal en el vértice; las diferentes anchuras en el ala, que van de los 60 m en el arranque a los 35 m en la nuez, y el movimiento de ajuste del encofrado en cada movimiento, ya que debe adaptarse a la complicada forma del ala inferior.

Con este carro se ha hormigonado toda la losa inferior, salvo las bandas entre las dos almas centrales, ya que éstas tenían que estar hormigonadas previamente a este proceso por motivos resistentes. La estructura metálica por sí sola no era capaz de soportar los esfuerzos a que quedaba solicitada como consecuencia de su peso propio y del proceso constructivo.



Figura 3. Montaje de la estructura metálica

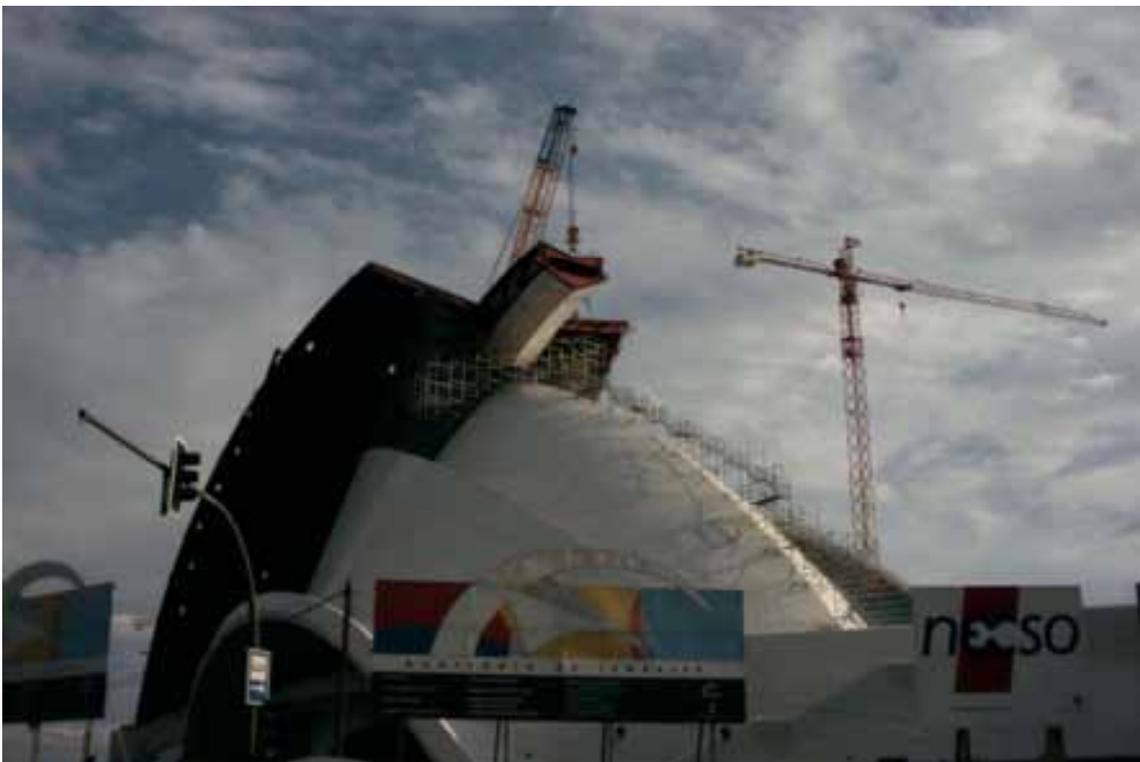


Figura 4. Perspectiva de la Sobrecubierta durante el montaje



Figura 5. Vista general de la cimbra de hormigonado

Finalmente hay que decir después de los ajustes iniciales que se ha llegado a hormigonar una tongada por semana concluyendo el proceso en cuatro meses de trabajo.

En un principio, el diseño del encofrado realizado Peri partía de una serie de condicionantes:

- Los módulos del encofrado no se podían mover con grúa ya que no había acceso para la misma, por lo cual, el carro de encofrado debía moverse por medio de la potencia transmitida por los cilindros hidráulicos.
- El acabado tenía que ser de hormigón visto tabla machihembrada.
- El encofrado necesitaba llevar plataformas de trabajo que pudieran colocarse en horizontal y permitiesen el repaso de la tongada anterior.

- La transformación de los módulos encofrados debía ser lo mínima posible.
- Era preciso resolver las interferencias con la Nuez y las Velas laterales.
- La ejecución tenía que ser compatible con las necesidades estructurales de la solución mixta acero-hormigón.

Para ello se realizó una solución mixta de cimbrado general, que permitió hormigonar la zona central de la Sobrecubierta, y carro de encofrado con regulaciones para la resolución de las zonas laterales y de todos los puntos singulares de la estructura.

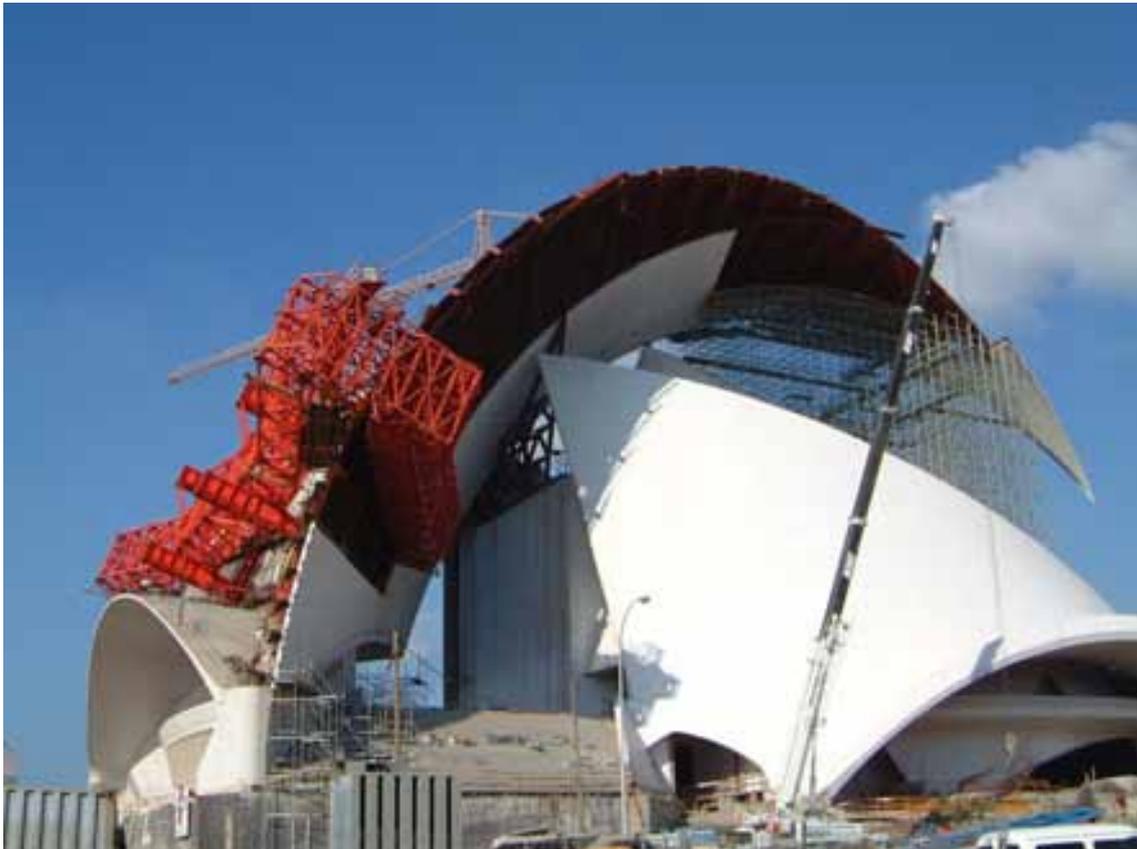


Figura 6. Perspectiva del conjunto durante el hormigonado del ala inferior

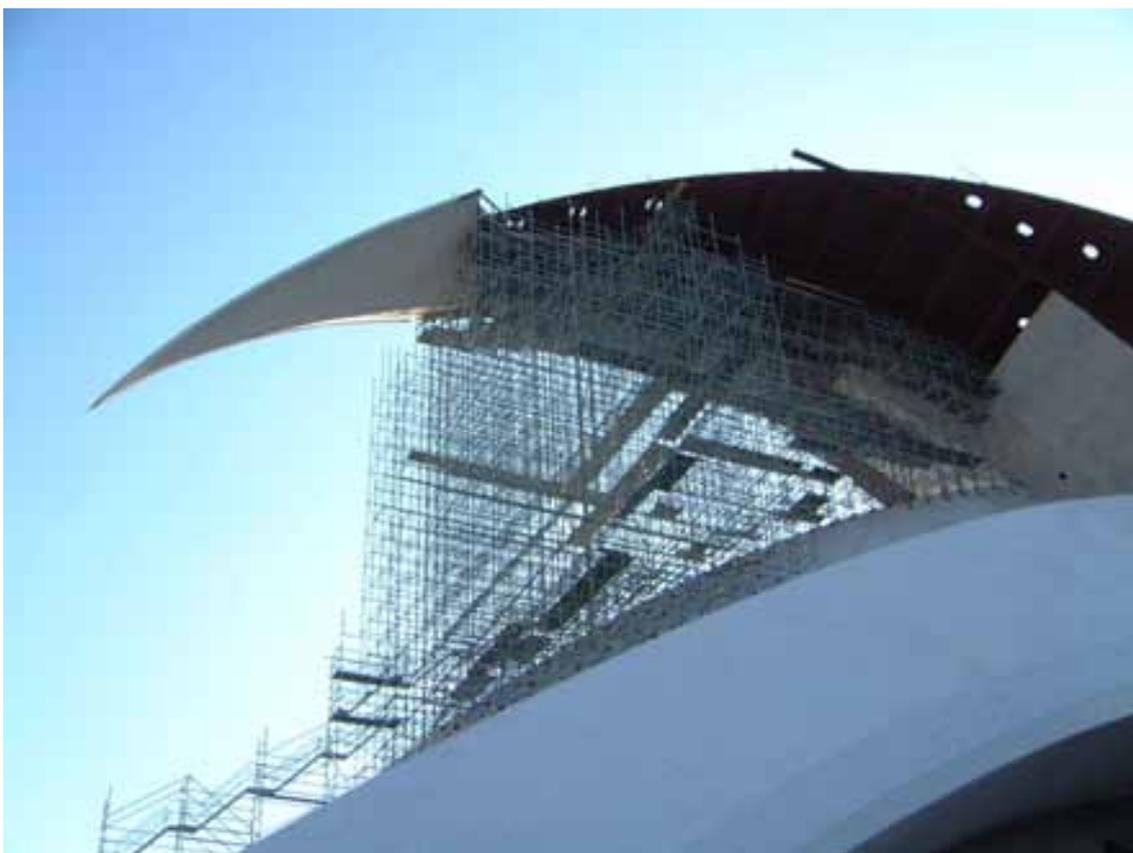


Figura 7. Vista del cimbrado por delante de la Nuez

Una vez completado el hormigonado del ala inferior, se eliminaron los apeos provisionales, y se apoyó la Sobrecubierta sobre los apoyos definitivos por medio del descenso de los cilindros de apoyo provisionales.

4.BIBLIOGRAFÍA

[1] "Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras. RPX-95". Ministerio de Fomento, MADRID 1996.

[2] "Manual de Aplicación de las Recomendaciones RPM - RPX/95". Ministerio de Fomento, MADRID 2001.