

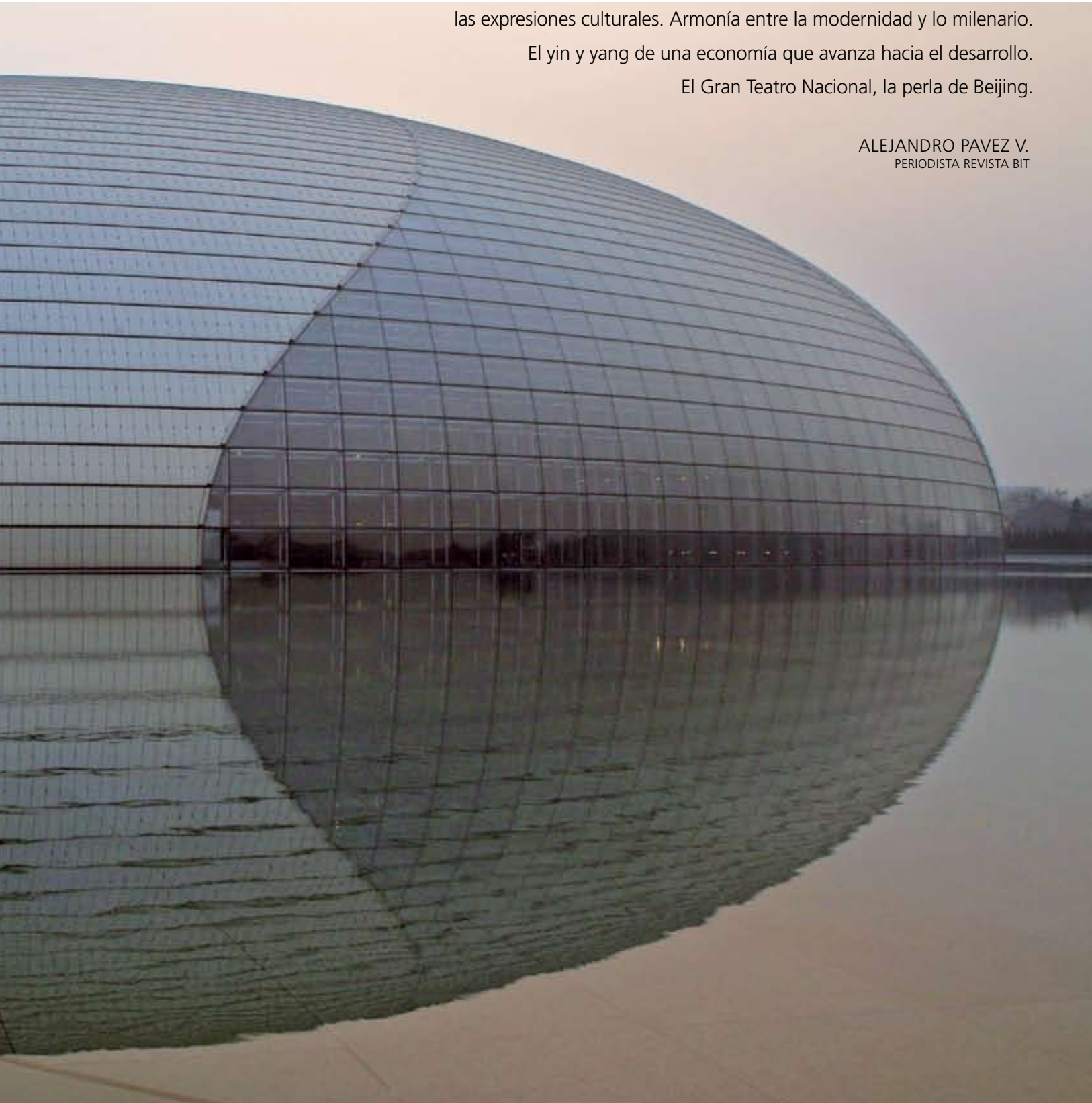
**OBRA
INTERNACIONAL**

**GRAN TEATRO NACIONAL
DE CHINA**

**LA PERLA
DE BEIJING**

■ Una estructura elíptica emerge en pleno corazón de Beijing en China. Son 219.400 m² de perfiles de acero, cristal y placas de titanio que se enclavan en medio de la Plaza de Tiananmen y la mítica Ciudad Prohibida. ■ El centro de las artes y la ópera china. Un foro abierto a todas las expresiones culturales. Armonía entre la modernidad y lo milenario. El yin y yang de una economía que avanza hacia el desarrollo. El Gran Teatro Nacional, la perla de Beijing.

ALEJANDRO PAVEZ V.
PERIODISTA REVISTA BIT





A UN LADO DEL PALACIO DEL PUEBLO,

cerca de la milenaria Ciudad Prohibida y a sólo 500 metros de la Plaza de Tiananmen, se emplaza el Centro Nacional de Artes Escénicas de China, también conocido como el Gran Teatro Nacional. Una isla cultural que emerge en medio de un apacible lago artificial en el centro de Beijing. Un complejo de 219.400 metros cuadrados, que destaca por su particular cubierta, una estructura elipsoide de 212 metros de longitud, 143 m de ancho y 46 m de altura, compuesta por perfiles de acero, cristal curvado y placas de titanio. Diseño occidental, que durante el día deja fluir la luz natural y en la noche revela sus circulaciones interiores. Obra del arquitecto francés Paul Andreu, que da cuenta del desarrollo exponencial de esta superpotencia asiática.

En 1997, el gobierno chino, decidió invertir en el desarrollo urbano y generar una serie de iniciativas que fueran cambiando el rostro de sus principales ciudades. Un cambio que también abordó el ámbito de la cultura. El objetivo era crecer, pero no de cualquier modo. Había que conservar las raíces. Fue así que se optó por la idea de volver a levantar su ópera nacional, que se remontaba desde la década de 1950. Para ello, se invitó a un selecto grupo de arquitectos a participar de una competencia abierta, realizada en 1998, para un recinto nuevo que albergara diversos programas culturales. El

proyecto de Paul Andreu triunfó por sobre una docena de propuestas, la mitad de las cuales pertenecían a diseñadores locales. "Su carcasa de titanio, un enorme óvalo exterior con una estructura de cristal central en forma de una cortina, sorprendió a los arquitectos chinos que temían que el gobierno optaría por un plan muy conservador. El diseño de Andreu les hizo sentir que este arquitecto occidental había ido demasiado lejos, sobre todo en un distrito cultural de alta sensibilidad", indican desde la oficina del francés.

Con un presupuesto de 300 millones de euros, un poco más de US\$ 430 millones, el proyecto comenzó en el año 1999 y concluyó en el 2007, sumándose, así, a las numerosas obras que se erigieron en China a propósito de los Juegos Olímpicos realizados en Beijing en 2008. Otro signo de apertura al mundo. En definitiva, la propuesta del francés, se trata de un edificio que agrupa tres espacios para las artes. De ellos, destaca su teatro principal, de nivel internacional, dedicado principalmente a la ópera, y que cuenta con una capacidad de 2.416 espectadores.

El Gran Teatro Nacional se presenta como un concepto que se significa a sí mismo y, a la vez, respeta la arquitectura que lo rodea. El punto de equilibrio entre lo moderno y lo milenario. Propuesta arquitectónica que habla de esta apertura económica de China. Una nueva era. Una perla en el corazón de Beijing.

FICHA TÉCNICA

GRAN TEATRO NACIONAL DE CHINA

UBICACIÓN: Av. Chang'An, Beijing, China

ARQUITECTO: Paul Andreu asociado con ADPi y BIAD

MANDANTE: Gobierno República Popular de China

DIRECTORES DE PROYECTO: François Tamisier / Felipe Starling

ESTRUCTURA DEL ARMAZÓN: Adpi y Setec TPi

CONSTRUCTOR DE LA ESTRUCTURA

METÁLICA: Shanghai Construction Group

CONSTRUCTOR DE LA ESTRUCTURA DE

HORMIGÓN: Hong Kong Construction Group

ÁREA: 219.400 m²

PRESUPUESTO: US\$ 430 millones aprox.

DISEÑO

El objetivo principal de la obra de Andreu, consistió en levantar una estructura icónica destinada a llamar la atención en un lugar que, por sí sólo, ya está colmado de símbolos. La idea fue crear un refugio para las artes y la cultura, un tesoro para China. Por lo tanto, su ubicación no fue al azar. Y es que sus atributos destacan en comparación con las estructuras vecinas. "Lo que busco en cada proyecto es su coherencia interna y su inteligibilidad, pero al mismo tiempo, su relación con lo que la rodea. Cada proyecto me parece ser un mundo cerrado y completo, ya que es una parte de un todo más am-

El acceso al teatro, pasa por debajo de la laguna artificial que rodea al complejo. El techo vidriado del túnel, permite observar los movimientos del agua. Al público se le ofrece entrar a un viaje especial. Ese es el concepto.

plio, de su ubicación física, de su sitio, y de una manera más general, del medio ambiente. Todo lo que me imagino, es una entidad que sólo existe en mi mente. Una reconstrucción mental de un grupo dispar de elementos. Es por eso que a menudo pienso en mis proyectos como elementos que se desprenden del cuerpo roto de la ciudad”, explica a Revista BiT el arquitecto Paul Andreu.

“El Gran Teatro Nacional es un objeto en sí mismo. Su ubicación, en medio de una laguna artificial, dan cuenta de ello”, agrega el profesional francés. La reflexión, el brillo de cada material que compone la piel de esta cúpula, dan la ilusión de una estructura flotante, foco central de la laguna que lo rodea. Cada material, en su mayoría placas de titanio y cristales, cambia de color de acuerdo a la luz que reflejan. Durante el día, la luz fluye a través del techo de cristal. Por la noche, tal como una gran pantalla, la cubierta revela todos los flujos que se generan en el interior. El cristal permite que los peatones puedan



observar el interior. El titanio, en cambio, cubre algunas zonas para dejarlas en secreto.

El complejo consta de tres espacios. El principal para la ópera, con una capacidad de 2.417 espectadores, otro para el teatro con 1.040 asientos y uno para diversos conciertos y exposiciones, para 2.017 personas. El reducto de la ópera está en el centro del complejo. Es el elemento más importante en el proyecto. La sala de conciertos y el teatro están situados a ambos lados de la ópera. El

acceso a las diversas salas se pensó para que no fuera tan brutal. El objetivo fue generar algo más o menos gradual, que implique tiempo y espacio. La experiencia del espectador se tornó fundamental. Por ello, se optó por crear un túnel transparente (vidriado) que pasa bajo la laguna artificial y deja ver los movimientos del agua. La idea fue dejar el exterior del edificio intacto, sin ninguna abertura. Así, se juega al misterio. Se ofrece al público un viaje especial. Una experiencia

Damos valor al subsuelo

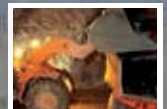
Soluciones en Fundaciones y Obras Civiles

- Pilotes
- Micropilotes
- Inyecciones
- Jet Grouting
- Anclajes
- Drenajes
- Vibroflotación
- Pared Moldeada
- Túneles en Roca
- Cut & Cover
- Piques
- Escavaciones urbanas

Somos especialistas en mejoramiento de suelos y trabajos subterráneos.

Proveemos soluciones integrales en proyectos de Construcción y Minería.

Obras Mineras Subterráneas



Fundaciones y Obras Civiles



Perforaciones y Sondajes



UNA EMPRESA DE SOLETANCHE FREYSSINET

Dir.: Av. Cerrillos 980, Cerrillos, Chile, Casilla 122 / Tel.: (56 2) 584 9000
E mail: sbc@soletanche-bachy.cl / Url: www.soletanche-bachy.cl



1

1. El cristal y el titanio conforman la cubierta del teatro. El objetivo es revelar algunos espacios interiores y ocultar otros.
2. Las fundaciones del teatro se hicieron a 32,5 metros de profundidad.
3. Cerca de 4 mil obreros participaron de las faenas. El edificio estuvo listo en 8 años.

única. Un pasaje del mundo cotidiano, al mundo de la ópera, la ficción y los sueños. Ese es el principal objetivo.

En este plano, el arquitecto se planteó dejar las áreas del interior asequibles al público, para crear un distrito urbano. Se suceden diferentes espacios: calles, plazas, zonas comerciales, restaurantes, áreas de descanso y salas de espera. Un espacio público, abierto y popular. Un concepto que habla mucho de la mentalidad y la cultura china. Una sociedad con una enorme densidad poblacional que busca espacios de esparcimiento urbano. Si bien este no es el caso, el desarrollo de las ciudades verticales se enmarca en este contexto. Las circulaciones en el interior del Gran Teatro Nacional, aseguran sus creadores, generan una distribución uniforme de las personas. Un flujo suave y fácil en todas partes. Todo, "para que los visitantes salgan del mundo cotidiano, para acercarse al mundo de la ópera", agrega Andreu. Diversos medios han definido a esta obra como "un juego de sucesivos pasos, cruces, transparencia y luz".

Finalmente, un salón en el nivel más alto en el techo, del Gran Teatro, permite a los aficionados de las artes disfrutar de una vista privilegiada de la ciudad Beijing, que cambia de rostro en los diferentes momentos del día. Este mirador permite que la ciudad pueda ser descubierta desde una multiplicidad de perspectivas. "Actualmente hay una sed, una necesidad de estructuras que estén al nivel de los mejores trabajos de Occidente, esto ha empujado a los chinos a buscar o seleccionar arquitectos como Paul Andreu para sus obras", apuntan los arquitectos del francés.

EL HUEVO

Lo más llamativo de la obra de Andreu está en sus 35.000 m² de cubierta. Como sabemos, una estructura elíptica de 46 metros de altura, que fue apodada por la prensa china como "el huevo de pato", debido al reflejo que se genera en la laguna y que completa su forma. Esta superestructura requirió realizar una fundación a 32,5 m de profundidad. Una labor compleja. Y es que esta faena obligó pasar el nivel freático de Beijing (lugar en el que se encuentran las napas subterráneas),



2



3



148 vigas de acero tipo Vierendeel forman la cúpula del teatro. Éstas fueron encastradas sobre una base de losa celular de hormigón a 4 m de profundidad.

que en este caso está a 18,5 m bajo tierra. Esto generó, claro está, una salida estrepitosa de agua, para lo que fue necesario construir 26 pozos de desagüe que bombearon 28 mil litros cúbicos por día.

Para llevar a cabo las obras del Gran Teatro Nacional, fue necesaria la participación de cerca de 4 mil obreros, que trabajaron día y noche durante 5 años sólo para levantar la cúpula. Tomó tiempo. En total, el proyecto se concluyó en ocho años, incluidos los detalles más finos del complejo. La legislación China obliga que todas las obras que se realicen en el país sean desarrolladas por, al menos, una empresa local y muchas veces con materiales del mismo país. Una medida proteccionista que habla de su régimen político. En este plano, la construcción de la estructura metálica del complejo, fue responsabilidad de la Shanghai Construction Group. Las estructuras de hormigón estuvieron a cargo de Hong Kong Construcción Group.

La gran cúpula esta formada por 148 vigas de acero tipo Vierendeel, encastradas en la parte inferior sobre una base de losa celular

de hormigón de 4 metros de profundidad. En la parte superior, las vigas fueron fijadas a un anillo de acero de 146 cm de diámetro. El montaje comenzó con la construcción del anillo superior montado sobre "cimbra". Los arcos se levantaron, apoyados por dos andamios formados por anillos concéntricos. Debido a su compleja forma, tres secciones de 10 m de longitud, fueron montadas en el suelo y levantadas mediante grúas.

Cada viga irradia con relación al punto o anillo central. El cierre es completado por 14 armazones tubulares parecidos a una escalera, que se ubican entre la dimensión más corta de la cúpula que incluye una pequeña elíptica. Las vigas van espaciadas cada 3,87 m en la parte inferior y 1 m en la parte superior. La dimensión estructural de cada elemento varía entre los 2,43 m y 3,80 m en la parte inferior y entre 1,46 a 1,68 en lo más alto de la coraza. La soldadura se realizó en el mismo lugar. Horizontalmente, las vigas son unidas por 40 niveles de tubos secundarios de acero de 19,4 cm de diámetro y 5 mm de espesor, colocados cada 2 metros. El ensamblaje entre las vigas principales y los tubos horizontales se realizó mediante una pieza de acero moldeado soldado a una semiesfera, que a su

vez se hallaba soldada al cordón plano de las vigas radiales. Este tipo de conexión es similar al empotramiento y asegura la estabilidad elástica local. La superestructura fue reforzada por una serie de elementos situados en diagonal sobre diez vanos.

PIEL

El revestimiento de este gran esqueleto fue pensando en cristales y placas de titanio. El objetivo, como sabemos, fue mostrar los flujos interiores y ocultar otros, para jugar al misterio. Esta piel cae como un manto sobre la estructura entregando un sinnúmero de brillos y colores, a medida que avanza el día y la luz. Pero no todo es estético. El uso de vidrio laminado en esta sección, permitió ayudar a la acústica interior, pero por sobre todo, permitió reducir significativamente el ruido exterior. Claro. Y es que el Gran Teatro Nacional de China se ubica en una concurrida zona de calles ruidosas, tráfico y confluencia de un gran número de turistas. El cristal y el titanio se combinan con un revestimiento de madera en la cara interior. La estructura que se encuentra bajo la cristalería está formada por planos metálicos de 60 mm y bajo la zona opaca por cordones en forma de H.

COLUMN BOX - COLUMNAS ARQUITECTÓNICAS ESTÁNDAR - ¡FORM SCAFF LAS TIENE!



Es de común ocurrencia que en centros comerciales, tiendas o estacionamientos, existan muchas columnas rectangulares o cuadradas. Los paneles de columnas por su versatilidad no siempre dejan una terminación arquitectónica, y hacer columnas especiales castiga el tiempo de fabricación y costo final. **Column Box** es un sistema mediante el cual Form Scaff adapta equipo estándar y consigue columnas de gran terminación y con un valor muy competitivo. Innovación no siempre es tecnología especial, sino que entregar a nuestros clientes soluciones a convenientes precios.

Visite nuestro nuevo sitio web



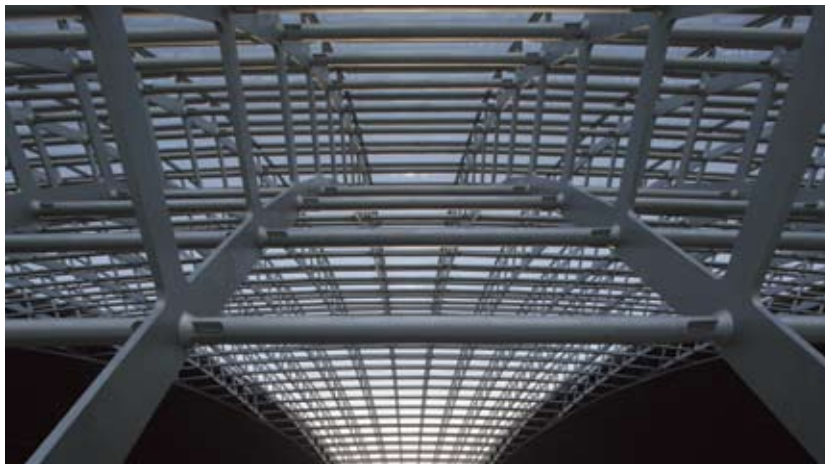
(56-2) 738 5019
www.formscaff.cl
info@formscaff.cl

form-scaff

Una empresa certificada por



Horizontalmente las vigas se unen por 40 niveles de tubos de acero colocados cada 2 metros. Las piezas fueron unidas mediante una pieza soldada al cordón plano de las vigas radiales.



MECÁNICA TEATRAL

El núcleo del Gran Teatro Nacional corresponde a un escenario cilíndrico giratorio integrado con 13 elevadores de doble cabina, de 2,5 x 2,5 m y 2 rectangulares de 2,5 x 7,5 metros, el primero y de 2,5 x 12,5 m el segundo. Todas estas plataformas han sido equipadas con una unidad lineal hidráulica y se pueden mover 6,8 metros. Un sistema provisto por la empresa alemana SBS Bühnentechnik GMBH, misma que trabajó en el Teatro del Lago de Frutillar (ver pág. 118). Los trece ascensores cuadrados son guiados por sí mismos, sin tocar las plataformas adyacentes. Las plataformas rectangulares, en cambio, son guiadas. La mecánica del teatro consta de 45 elevadores verticales de 360 mm, con una carga útil de 780 kilos y una velocidad de elevación de 1,8 metros por segundo. También consta de 16 elevadores de barras de iluminación, con una carga útil de 250 kg y velocidad de elevación de 1,8 m/s. Finalmente, el escenario consta de 1 elevador para el foso de orquesta, un carro elevador de seguridad, 2 ascensores de iluminación, con una carga útil de 2.500 kg y una velocidad de 0,1 metro por segundo.

En las zonas opacas, correspondientes a las placas de titanio, el montaje se realizó mediante la fijación con pernos, mientras que los ensamblajes bajo la cristalería fueron soldados. En total, la cubierta exterior necesitó cerca de 20.000 paneles de revestimiento. La elección de su material no fue al azar. En estos términos, los contratistas realizaron una serie de estudios y modelos computacionales para determinar la forma y el material de los paneles. La principal preocupación se centró en la resistencia a la intemperie y en su impermeabilización. Finalmente, se optó por utilizar paneles de titanio. Y es que según señala Jean-Marc Jaeger, ingeniero estructural de SE-TEC TPI (oficina de ingeniería francesa que trabajó con Andreu en la obra), “el titanio es un material muy resistente, es garantía de 100 años sin oxidación (en el elemento de acero, por el contrario, debe ser protegido con pintura) El límite de elasticidad se encuentra cerca de los 900 MPa (megapascal), tres veces la resistencia de las piezas de acero. Su baja densidad la hace mucho más liviana”.

Estas placas son compuestas por un emparedado de titanio, carburo de silicio y acero inoxidable en un marco de aleación de aluminio, provistos por Mitsubishi Chemical Products Inc. El conjunto de placas fue dimensionado en 6.250 tamaños diferentes, para poder adaptarse a la curvatura de la cúpula elíptica. Para proteger la estructura de las tormentas, se instaló una red de 5.000 pararrayos a lo largo de las vías que se utilizan para los equipos de limpieza.

PRECAUCIONES

La estructura del Gran Teatro Nacional de China es un verdadero reto. Los problemas estructurales se resolvieron gracias al diseño y a la aplicación de la tecnología mediante la modelación por programas computacionales. No obstante, las lógicas constructivas de antaño siguen vigentes. “Los anillos de tensión utilizados en la antigüedad siguen siendo muy eficientes en la actualidad. La única diferencia es que han cambiado los materiales”, señalan desde Francia. Un reto interesante fue la altura y la desviación de la estructura. El cálculo estableció una desviación de 23 cm, que fue solucionado preaqueando los anillos de acero en sector superior. Las conexiones fueron cambiadas de pernos de reborde a tubos soldados.

Otro desafío se relacionó con el comportamiento sísmico del edificio y su resistencia a las fuerzas del viento. En una situación sísmica, la cúpula debe ser flexible, pero en situaciones de fuerte viento, la cúpula debe ser muy rígida. Para solucionar estos problemas, se utilizaron apoyos elastoméricos, que en caso de un movimiento telúrico, separan la viga de la cúpula de base de hormigón que sustenta la infraestructura. A su vez, para evitar la fuerza horizontal del viento, se utilizaron segmentos con arriostamiento transversales, apoyados por nueve arcos en cuatro lugares, uno a cada lado de las superficies acristaladas.

El Gran Teatro Nacional de China, una obra de ingeniería de proporciones. El yin y yang de una cultura milenaria que se abre a la modernidad. La gran perla de Beijing. ■

www.paul-andreu.com; www.chncpa.org

■ EN SÍNTESIS

El Gran Teatro Nacional de China, la perla de Beijing. Una estructura moderna, un hito de la ingeniería oriental, diseñado en occidente. El punto de equilibrio entre lo moderno y lo milenario. Un complejo de 219.400 m² que busca revivir la ópera china. Destaca la utilización de placas de titanio, cristales y perfiles de acero. Un referente arquitectónico, de un país que da muestras de su gran desarrollo económico.

Seguro. Rápido. Eficiente.

Competencia en encofrados ¡Cerca de usted!

Si está buscando soluciones de encofrado, Doka está a su disposición en más de 140 oficinas de venta en 65 países. Proyectos a medida, flexibles y eficientes. En todo el mundo y por supuesto cerca de usted.

Competencia en encofrados para su obra.

**Con más de 130
proyectos en Chile**

Competencia de productos Doka

Los diferentes sistemas de encofrado y componentes Doka le ofrecen el equipo perfecto para cada requisito.



Competencia en servicio Doka

Servicio se escribe con mayúsculas en Doka. Le asesoramos para que lleve a cabo con éxito su trabajo a lo largo de todo el proyecto de construcción.

Doka Chile Encofrados Ltda.
Camino Interior 1360
Loteo Santa Isabel
Lampa, Santiago, Chile
Tel. 41 31 800
Tel. 41 31 802
E-Mail: chile@doka.com
www.doka.com/cl

Nueva Sucursal Doka Sur
Cruz del Sur N° 1062
Los Manatiales, Chiguayante
Concepción
Fono 09-7565331



LE DAMOS BASE A TUS PROYECTOS

- PILOTES PRE-EXCAVADOS
- PILOTES HÉLICE CONTINUA (CFA)
- MUROS PANTALLA
- MICROPILOTES
- ANCLAJES
- INYECCIONES
- SOIL NAILING
- MURO BERLINÉS
- ENSAYOS DE CARGA

Av. Alonso de Córdoba 3151 of. 1401
Los Condes, Santiago, Chile
www.terratest.cl

