



Una obra impresionante que une las ciudades estadounidenses de San Francisco y Oakland. Más de US\$ 6.200 millones se invierten para la construcción de accesos, tramos de aproximación y un puente colgante de alta resistencia sísmica.

SAN FRANCISCO ▶ OAKLAND ▶ EEUU

PUENTE A LA INNOVACIÓN



MARCELO CASARES
EDITOR REVISTA BIT

UN PROYECTO DE ENORME ENVERGADURA se encuentra en plena ejecución en la costa oeste de Estados Unidos. Se trata de un complejo de estructuras que unirá de manera más expedita las ciudades de San Francisco y Oakland. El gigantesco tamaño y diversidad de la iniciativa involucra tal cantidad de faenas que el proyecto se dividió en 16 contratos. Entre las principales obras destacan un puente colgante unido a un viaducto elevado, fundaciones en el mar, accesos, estructuras de transición, refuerzos sísmicos y demolición de puente existente. Múltiples faenas para salvar los 6.500 metros marinos que separan San Francisco de los suburbios de Oakland.

Para no caer en un mar de confusiones, nada mejor que ir paso a paso para no perder detalles técnicos de un proyecto emblemático. Lo primero que se debe decir, es que entre ambas ciudades existe una pequeña isla denominada Yerba Buena. De esta forma, en el tramo oeste hay un puente de 3.200 m que conecta San Francisco con Yerba Buena y en el tramo este habrá un sector colgante de 1.280 m de largo seguido de una zona de transición que la conecta a un viaducto elevado, que en conjunto unirán la isla con Oakland. Algo que no puede pasar por alto, consiste en remarcar que se trata de una zona de alto riesgo sísmico. A tal punto, que los puentes sufrieron importantes daños con el terremoto de Loma Prieta de 7,1 grados en la escala de Richter, ocurrido en 1989 con el epicentro a 96 km de las estructuras existentes.

El temblor

Cuando pasó el temblor las autoridades hicieron una evaluación de los efectos en los viaductos y se pusieron manos a la obra. El tramo oeste sufrió daños menores, por ello sólo se determinó una serie de obras para fortalecer su resistencia sísmica. En cambio, el tramo este se llevó la peor parte, incluyendo el derrumbe de tableros y graves problemas en las fundaciones. En este caso, la decisión fue drástica:



Construir un nuevo puente. Como no se podía dejar sin conexión vial ambas ciudades, el proyecto incluyó la reparación de la actual estructura que se encuentra en plena operación, hasta que se concluya la ejecución del nuevo puente. Todo esto no es gratis. La iniciativa

El tramo este sufrió numerosos daños a causa del terremoto de Loma Prieta de 1989.



LC

Instalación de Moldaje

Instalación de todo tipo de moldajes en:

- Obras de Construcción,
- Edificaciones habitacionales, Comerciales y Civiles, dentro y fuera de Santiago.

- 20 años de experiencia
- Personal Especializado



Teléfono:
(02) 528 33 60
Celular:
08 90238 65
E-mail:
cnavarreteiveros@gmail.com

Líder en fundaciones especiales

Pilotes y Anclajes Mall Costanera Center



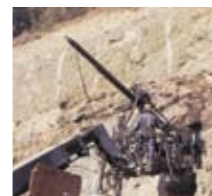
www.terratest.cl

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| ■ pilotes excavados | ■ muros anclados |
| ■ anclajes postensados | ■ drenes californianos |
| ■ muros pantalla | ■ columnas de grava |
| ■ instrumentación geotécnica | ■ mechas drenantes |
| ■ soil nailing | ■ inyecciones |
| ■ micropilotes | ■ ensayos de carga |
| ■ hinca de perfiles | ■ asesoría técnica |



**PILOTES
TERRATEST**

Representantes exclusivos de:



GRANDES OBRAS INTERNACIONALES



demanda una inversión total de US\$ 6.200 millones, un valor siete veces superior al proyectado finalmente para el puente de Chiloé.

Ya está dicho, el tramo oeste involucró un número menor de faenas destinadas al reacondicionamiento sísmico, las cuales ya se encuentran terminadas. Entre las labores destacan la instalación de disipadores de energía viscosos en la zona de la cepa, elementos de acero que tienden a evitar la vibración vertical de los cables y gigantescas placas de apoyo.

Tramo este

En la zona este, el proyecto muestra toda su complejidad. Accesos, desvíos, estructuras de transición, viaducto elevado y un puente colgante autoanclado resultan algunas de las obras con mayor grado de desafío. Una reciente Misión Tecnológica de profesionales chilenos, organizada por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), tuvo la posibilidad de apreciar en terreno la magnitud de la obra. "Al momento de la visita se encontraba en plena ejecución el viaducto elevado, que a mediados de octubre tenía un grado de avance del 93%", señala Daniel Ortíz, gerente general de Tecnoav y miembro de la misión CDT. Esta faena se encomendó en febrero de 2002 a la empresa KFM-JV, con un plazo de entrega que vence en septiembre de 2007, con un acuerdo que involucra un total de US\$ 1.043 millones.

El viaducto elevado presenta un sistema constructivo en base a dovelas que atraviesa el mar. Si bien la zona costera de San Francisco no es de gran profundidad, unos 10 metros, el suelo es pantanoso dificultando sustancialmente la construcción de las fundaciones de las cepas.

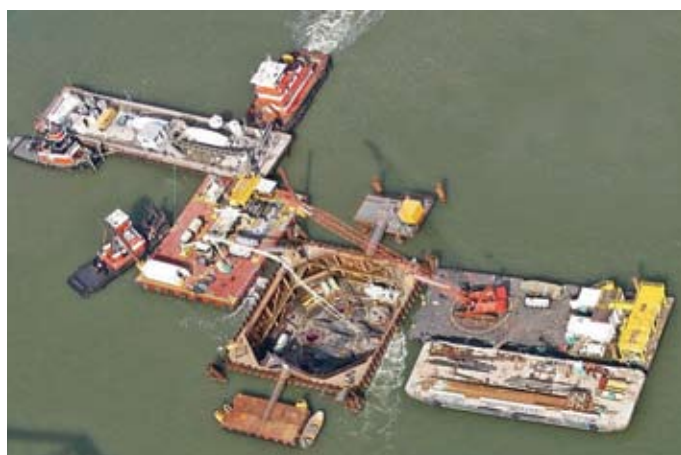
Las estructuras metálicas que se emplean como molde para las bases se fabrican en Texas y se trasladan de a cuatro unidades en grandes barcasas. Una vez en su ubicación definitiva, la placa sirve de guía para la colocación de los pilotes, los que finalmente se sueldan a la placa de fundación. Cada pilote de acero tiene un diámetro de 2,5 m y se hinca a 50 m de profundidad a través de la acción de

En el tramo oeste se desarrollaron faenas destinadas a su reacondicionamiento sísmico, como la instalación de disipadores de energía y placas metálicas de apoyo.

un poderoso martinete hidráulico. El impacto que produce esta última maquinaria generaba vibración en el agua que afectaba a la fauna marina. Para evitar esta situación, se creó un sistema de aislamiento con tuberías que impulsan agua a presión para generar burbujas reduciendo los efectos del impacto. "Este sistema para aislar el impacto, resultó uno de los principales esfuerzos medioambientales de los profesionales del proyecto para reducir el efecto de la obra sobre la vida silvestre de la bahía", agrega Ortíz.

Pasando en limpio los datos, hay que decir que las cepas se componen de pilotes, fundación, columna y tablero, este último conformado por dovelas.

La historia continua con el hormigonado de la fundación de amarre de pilotes, por medio de bombas de hormigón flotantes ubicadas sobre barcasas de alta capacidad. Aquí se prefabrica casi todo, y las armaduras de las columnas no son la excepción. Se trata de moles de fierro de 70 toneladas, trasladadas por imponentes grúas torre.



Instalación de pilotes de acero a 50 m de profundidad (arriba).
Hormigonado de la fundación de pilares de tramo elevado (abajo)



Transporte de dovelas.
Por su peso, 780 toneladas,
se fabricó un vehículo
especial.

Se utilizaron monumentales
armaduras prefabricadas en
los pilares del viaducto
elevado.



Las dovelas

Ahora sí, tras hormigonar las columnas llegó el momento de instalar las dovelas. Una labor monumental, impactante, que despertó tremendo interés entre los profesionales chilenos. ¿Hablamos de prefabricación? Bueno, estas estructuras se fabrican en una planta en la ciudad de Stockton a 80 de kilómetros del nuevo puente, uno de los aspectos que dejó perpleja a la misión nacional. "Se adujeron razones de espacio y de estrategia, pero realmente no se entiende cómo puede ser eficiente transportar tanto a estos gigantescos elementos", comenta Ortíz. Menos se entiende si se considera que cada dovela pesa 780 toneladas y cuenta con 9,15 m de alto, 7,62 m

de profundidad y 27,43 m de ancho. Por sus dimensiones y tonelaje se fabricó en Italia un vehículo especial para transportar estos elementos desde la planta hasta el muelle, que se desplaza a 3,2 km/h, cuyo tamaño duplica a los utilizados habitualmente en la NASA para desplazar a los transbordadores espaciales de NASA. Desde el puerto hasta el lugar de la faena se emplea una barcaza que puede transportar sólo dos unidades por viaje, un tema no menor porque en total son 452 dovelas. Hay que destacar que cada una de ellas es única, ya que se fabrica tomando como parámetro la que se ubica al lado.

El izamiento de los elementos se efectúa a través de grúas. Según se aprecia en el gráfico, se eleva una dovela del lado oeste del cabezal de la cepa y a continuación un elemento del sector este.

BIT 52 ENERO 2007 ■ 53

Sólo nuestro servicio supera nuestros equipos



CAT THE
Rental
STORE

CAT Rental
Power

(56 2) 377 8300

FICHA TÉCNICA

PUENTE SAN FRANCISCO OAKLAND

- 6.500 m de distancia entre ambas ciudades
- 16 contratos
- 6.200 US\$ millones de inversión
- 1 viaducto elevado
- 1 puente colgante
- 50 m profundidad de pilotes
- 2,5 m diámetro de pilote de acero
- 452 dovelas
- 780 toneladas pesa cada dovela



Es decir, un sistema asimétrico para mantener el balance durante el izamiento.

La conexión entre las dos dovelas centrales de cada tramo, en total hay 26 cepas, posee un cilindro que actúa como disipador de energía (foto 1). Esta pieza se caracteriza por tener una sección de acero, de bajo espesor, elástica y dúctil, de modo que al sufrir un sismo de gran magnitud pueda fallar y deformarse, disipando la energía transmitida por un terremoto.

Puente colgante

El proyecto no termina en la construcción del viaducto elevado, porque entre esta estructura y la isla Yerba Buena se construirá un puente colgante autoanclado (foto 2). ¿Qué significa esto? "Al contrario de los puentes colgantes tradicionales, en este caso, los cables se anclan directamente al tablero", señala Daniel Ortíz.

El profesional explica que el tablero actúa por compresión tomando las tracciones del cable. "Éste llega a la cima de la torre, baja y cruza por debajo del tablero donde hace una especie de bucle, sube de nuevo a la torre y baja para anclarse definitivamente". Con esta modalidad el tablero se instala sobre andamios, un sistema distinto al tradicional que coloca los elementos que componen el tablero al final de la obra.

El puente colgante autoanclado, que será el más largo del mundo en su tipo, utilizará un cable de suspensión de acero de 81,3 cm de diámetro. Además, esta estructura incluye a todo lo largo del nuevo tramo este una pista para el paso peatonal y de bicicletas (foto 3). ■

www.baybridgeinfo.org

Vista general del futuro puente colgante autoanclado.

EN SÍNTESIS

Un proyecto de tremenda magnitud se encuentra en plena ejecución para unir las ciudades estadounidenses de San Francisco y Oakland. Entre las obras a realizar destaca un viaducto elevado construido en base a dovelas prefabricadas de hormigón, cuyo peso alcanza las 780 toneladas. Esta estructura se apoya sobre pilotes de acero de 50 m de profundidad. Además, se construirá un puente colgante autoanclado que será el más grande del mundo en su tipo. La obra fue visitada por una misión tecnológica de empresarios chilenos, organizada por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT).

MECANOTUBO CHILE

**SOLUCIONES INTEGRALES
PARA LA CONSTRUCCIÓN EN:**

- ENCOFRADO
- CIMBRA
- ENTIBACIONES
- SOLUCIONES ESPECIALES
- JUNTAS DE DILATACIÓN
- SISTEMAS DE POSTENSADO

SOMOS REPRESENTANTES EN CHILE DE:



WWW.MECANOTUBO.CL

PANAMERCANA NORTE 23580, LAMPA, SANTIAGO

FONO/FAX: (562) 733 1197 – (562) 733 1969 – (562) 733 1970 • E-MAIL: MECANOTUBO@MECANOTUBO.CL

Avda Suecia 3243 Ñuñoa - Santiago
Fono: 4249930 Fax: 4249897

www.nvl.cl

- Equipamiento para sistemas de climatización, comercial, doméstica e industrial.
- Climatización precisa para salas de datos y eléctricas.
- Ventilación industrial y comercial.
- Repuestos y accesorios.
- Asesoría Técnica.



SISTEMAS DE
AIRE
ACONDICIONADO