



Project Summary

Organización:

Ministerio de Obras Públicas de Chile

Solución:

Puentes

Ubicación:

Isla de Chiloé, Llanquihue, Chile

Objetivos del Proyecto:

- Diseñar y entregar el Puente del Canal de Chacao (costo USD 740) conectando la Isla de Chiloé con el continente.
- Realizar el análisis y construcción de puentes con las simulaciones requeridas para determinar la resiliencia estructural durante los eventos sísmico y otros fenómenos naturales.

Productos Utilizados:

RM Bridge, gINT

Algunos Datos

- El Puente del Canal de Chacao será el puente colgante más largo de América del Sur, con vanos de 1.055 y 1.155 metros, 50 metros sobre el Canal de Chacao.
- El software de Bentley simplificó la evaluación de alternativas que fueron preparadas bajo un diseño propenso a cambios y facilitó el trabajo compartido y comprobación entre los miembros del equipo.

Tasa de Retorno

- Análisis global con RM Bridge Ahorran tiempo y costes simplificando el intercambio de información.
- Los estudios de viento detallados, análisis tiempo-historia y análisis sísmico con diversos escenarios que ayudaron a mejorar la calidad del diseño del puente.
- Una vez finalizado en el 2020, el Puente del Canal Chacao mejorará la calidad de vida, comercio y turismo para la Isla de Chiloé y la ciudad portuaria de Puerto Montt.
- Sustitución del servicio de transbordador a través del canal.
- Tasa de retorno social estimada en 6 por ciento por el gobierno chileno.

RM Bridge simplifica el diseño y análisis del puente colgante más largo de Sudamérica

El Ministerio de Obras Públicas de Chile utiliza Bentley Software para unir la isla de Chiloé con Chile Continental

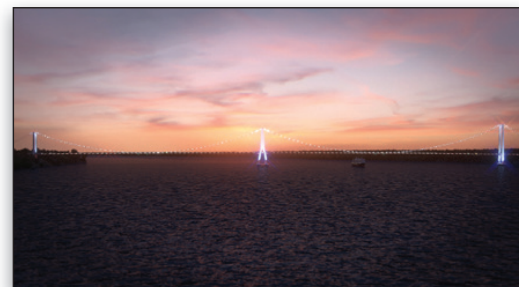
Suspendiendo la Incredulidad

En el sur de Chile, frente a la costa de la provincia de Llanquihue, el pueblo de Chiloé ha cultivado una cultura insular llena de historia y tradición. Este enclave aislado es famoso por sus pueblos costeros con coloridas casas construidas sobre pilotes, iglesias del siglo XVII designadas como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO y parques nacionales asociados con la vida marina. Sin embargo, para viajar hacia la isla y desde ella, tanto los lugareños como los visitantes deben reservar el pasaje en un transbordador poco fiable para un viaje de 45 minutos a través del traicionero Canal de Chacao. El Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP) conceptualizó por primera vez en los años noventa, un puente para conectar la Isla de Chiloé a la ciudad portuaria de Puerto Montt en el continente. Después de varios intentos fallidos, se adjudicó un contrato de diseño y construcción de USD 740 millones en febrero de 2014. Al terminarse en el año 2020, el Puente del Canal de Chacao será el puente colgante más largo de Sudamérica con 2.75 kilómetros. La estructura asimétrica contará con tramos principales de 1.055 y 1.155 metros y tres torres que se elevarán a alturas de 157, 175 y 199 metros. La calzada de cuatro carriles se elevará 50 metros por encima de las aguas del turbulento canal. Como entidad de gobierno a cargo de todos los aspectos de la infraestructura pública en Chile, el MOP está supervisando al consorcio internacional que está enfrentando los desafíos de ingeniería y construcción presentados por una región altamente sísmica, fuertes corrientes marinas, canales profundos y vientos huracanados. El consorcio "Consorcio Puente Chacao" está compuesto por Hyundai (Corea del Sur), OAS (Brasil), Aas-Jakobsen (Noruega) y Systra (Francia). El Departamento de Carreteras del MOP, que se encarga de la red vial de Chile, es responsable de la verificación de diseño, evaluación estructural y construcción de puentes. Los consultores locales están proporcionando un control independiente del diseño.

Superando los Desafíos del Canal Chacao

Financiado por el gobierno de Chile como concesión de obras públicas, el Puente del Canal de Chacao incluye tres proyectos de obras públicas: el puente colgante, las vías de acceso y un área de servicio. El agresivo cronograma de 84 meses exigió

una evaluación rápida de alternativas de diseño, estudios de diseño simplificados, flujos de trabajo altamente colaborativos y revisiones aceleradas. El MOP implementó el puente en el software RM Bridge de Bentley Systems para ahorrar tiempo y reducir costos. La aplicación se utiliza para realizar el diseño de puentes, análisis y simulación de construcción para determinar la resiliencia durante eventos sísmicos y otros fenómenos naturales. Optimiza las tareas analíticas y automatiza funciones complejas de diseño e ingeniería. Cuando el trabajo comenzó en el 2014, el equipo del proyecto se enfrentó a varios desafíos en el diseño del puente colgante a través del Canal de Chacao. El proyecto se encuentra en una zona remota de la región de Los Lagos, a 1.100 kilómetros al sur de Santiago. El canal separa la isla de 200 kilómetros de largo del continente, pero ambas masas de tierra son parte de la gama costera conocida por su alta sismicidad. El puente está a sólo 80 kilómetros de la zona de fallas donde un desastroso terremoto de magnitud 9.5 golpeó Valdivia, Chile, en 1960. En el 2010, un terremoto de 8.8 grados de magnitud golpeó la ciudad de Concepción, unos 650 kilómetros al norte. La sismicidad fue el criterio de diseño más crítico para el equipo de ingenieros. Además, el canal es propenso a ráfagas de vientos de hasta 208 kilómetros por hora y las corrientes oceánicas alcanzan los 9.7 nudos o 18 kilómetros por hora, con olas de 8 metros. El profundo canal se sumerge hasta 120 metros al lecho marino. En medio del canal, una formación rocosa sobresale lo suficiente como para proporcionar una base para la torre central de apoyo, pero presenta problemas de asentamiento. tower, but it presented problems with subsidence.



El Puente tiene dos vanos de 1,055 y 1,155 metros cada uno, y provee un gálibo de 50 metros sobre el Canal Chacao.

*“El software
es una excelente
plataforma para
la innovación.”*

— Ing. Matias Valenzuela, Ph.D.
Ministerio Obras Públicas
de Chile

**Find out about Bentley
at: www.bentley.com**

Contact Bentley

1-800-BENTLEY (1-800-236-8539)
Outside the US +1 610-458-5000

Global Office Listings

www.bentley.com/contact



El software de Bentley facilitó la evaluación de alternativas bajo cambiantes condiciones de diseño y optimizó la colaboración y verificación entre los grupos de trabajo.

Análisis Rápido y Preciso

Para asegurar la seguridad y la capacidad de servicio del puente bajo estas condiciones y cumplir con las estrictas calificaciones ambientales que protegen la flora y fauna locales, las zonas arqueológicas y las comunidades aborígenes, el equipo del proyecto realizó un análisis global de estudios de ingeniería. Los análisis investigaron los factores que influyen en los comportamientos lineales, no lineales, estáticos y dinámicos, incluyendo la batimetría, geodesia, geología, geotécnica, sismicidad, topografía y aerodinámica. El MOP implementó el software gINT de Bentley Systems para agilizar la administración de datos y la generación de informes para el trabajo geotécnico y geoambiental. El análisis del túnel de viento estudió la estabilidad aerodinámica del puente tanto en partes (tablero, torres, cables de suspensión) como en su conjunto. El MOP utilizó las capacidades avanzadas de análisis de viento de RM Bridge para realizar estudios computacionales de dinámica de fluidos (CFD por sus siglas en inglés). El análisis sísmico se centró en criterios específicos de respuesta tanto para el comportamiento de la roca madre como para el suelo. También se tuvieron que considerar los efectos de los impactos de las olas en caso de tsunamis. Este exhaustivo análisis probabilístico del riesgo sísmico (PSHA) definió la respuesta estructural a la actividad sísmica. El diseño estructural del Puente del Canal de Chacao fue guiado por criterios de diseño sísmico de acuerdo con las Especificaciones de Diseño de Puentes de AASHTO LRFD (2012), junto con las Normas chilenas (NCh), normativas japonesas y Eurocódigos. Dadas las duras condiciones ambientales, las capacidades de análisis paramétrico de RM Bridge redujeron el tiempo requerido para evaluar alternativas y verificar el diseño estructural. RM Bridge resultó ser una poderosa herramienta para comprobar diseños estructurales

complejos y reaccionar rápidamente a las condiciones en el campo que requieren modificaciones de diseño. “RM Bridge ha sido una herramienta muy poderosa para las desafiantes tareas de diseño del Puente de Chacao, mejorando el proceso de verificación y asegurando la calidad en el proceso”, dijo Matías Valenzuela, PhD, Ministerio Obras Públicas de Chile. “El software es una excelente plataforma para la innovación”.

Optimización en el Diseño

RM Bridge ayudó a resolver los problemas que surgieron durante la construcción debido a las duras condiciones. Debido a que el puente es asimétrico, con dos tramos de diferentes longitudes, los tres pilones llevan la carga de equilibrar las cargas irregulares. La torre central de 175 metros, con forma de Y invertida, se convirtió en el foco de intensos esfuerzos de mitigación cuando el asentamiento de la formación de roca, en medio del canal, creó un reto en la construcción. El problema se resolvió mediante el uso de la dinámica avanzada y las capacidades de análisis de viento de RM Bridge. La realización de análisis computacionales 3D ayudó a evaluar alternativas y mejorar el diseño de la torre central. Cuando se termine la construcción, el MOP asumirá la responsabilidad de las operaciones y el mantenimiento del puente. El MOP instruyó al equipo del proyecto a considerar la eficiencia y economía de las operaciones y mantenimiento en el diseño del puente, por lo que el Ministerio prevé que los costos del ciclo de vida de este activo de la infraestructura serán optimizados. En general, el MOP acredita el diseño de alta calidad para este puente colgante usando las aplicaciones de ingeniería de puentes más avanzadas disponibles. Con una vida de diseño de 100 años, el Puente del Canal de Chacao mejorará la calidad de vida, el comercio y el turismo para la Isla de Chiloé y la ciudad portuaria de Puerto Montt. El puente reemplazará el servicio de transbordador esporádico a través del canal y acortará el viaje a minutos. La mejora del acceso y la movilidad entre el continente y la isla fomentarán una afluencia de profesionales para vivir y trabajar en la zona. El puente también servirá como conducto para líneas de agua, energía y telecomunicaciones, creando la oportunidad para nuevos desarrollos. Finalmente, el Puente del Canal de Chacao conectará la Isla de Chiloé con el sistema de autopistas de Chile, uniendo la comunidad insular con el resto del país. El gobierno chileno estima que el advenimiento del nuevo comercio dará como resultado una tasa de retorno social del 6 por ciento sobre la inversión en la región. El Puente del Canal de Chacao es un proyecto emblemático, como el primer puente colgante de gran escala en Chile. Representa una oportunidad para el intercambio de conocimientos tecnológicos entre el MOP y los socios que participan en el consorcio y demuestra que Chile ofrece un ambiente de negocios favorable para el desarrollo de proyectos a gran escala.