



HITO TECNOLÓGICO

— En su diseño se consideraron criterios escultóricos y figurativos mapuche que lo convertirán en un atractivo turístico de la capital regional de La Araucanía, especialmente durante las noches gracias a su colorido sistema de iluminación.

## PUENTE ATIRANTADO TRENG TRENG KAY KAY

# ÍCONO DE ARQUITECTURA

PAULA CHAPPLE C.  
PERIODISTA REVISTA BIT



**E** **N 2007 SE APROBÓ** el prediseño del proyecto interconexión vial Temuco - Padre Las Casas y en 2010 el equipo encargado del prediseño consideró la idea de licitar un puente no convencional con el fin de generar un ícono arquitectónico y un atractivo turístico para las comunas de Temuco y Padre Las Casas, por lo cual, se realizó un concurso de diseño y se obtuvieron tres alternativas estructurales, las cuales, se llevaron a una consulta ciudadana, donde finalmente fue escogida la arquitectura del puente atirantado asimétrico Treng Treng Kay Kay.

Se trata de una estructura que consiste en un puente atirantado asimétrico, con una longitud total de 240 m, dividida en 5 vanos, cuyo tramo atirantado equivale a 140 metros. La infraestructura se compone del estribo de entrada, estribo de salida, 4 cepas y el mástil.

El puente se entregó a tránsito el 1 de abril de 2021 y actualmente la empresa constructora Belfi, a cargo del proyecto, se encuentra ejecutando las obras complementarias, dentro de ellas, la conexión de calle General Mackenna con la Rotonda Norte, en Temuco y la conexión de dos nuevas pistas en calle Villa Alegre con la Rotonda Sur, en Padre Las Casas.

Se trata de una estructura que consiste en un puente atirantado asimétrico, con una longitud total de 240 m, dividida en 5 vanos, cuyo tramo atirantado equivale a 140 metros. La infraestructura se compone del estribo de entrada, estribo de salida, 4 cepas y el mástil.



Entre las obras que involucró la ejecución del puente, las principales dificultades constructivas que se tuvieron, fueron las largas jornadas de hormigonado de los diferentes ítems que componen la estructura, principalmente en la fundación del estribo de entrada del puente, cuya faena de hormigonado duro 2 días y una noche de corrido, aproximadamente. También en la ejecución de los 60 pilotes, de diámetro 180 cm y largo 26,5 m, ubicados en la fundación del mástil.



## DESAFÍOS EN LAS ALTURAS

Cuenta el mito mapuche que inspiró el concepto del proyecto, que la serpiente Treng Treng, de la tierra, con sus temblores y movimientos de tierra protege a los hombres de ser inundados por las lluvias, los ríos o el mar que trae Kay Kay, la serpiente de las aguas.

Entre las obras que involucró la ejecución del puente, las principales dificultades constructivas que se tuvieron, fueron las largas jornadas de hormigonado de los diferentes ítems que componen la estructura, principalmente en la fundación del estribo de entrada del puente, cuya faena de hormigonado duro 2 días y una noche de corrido, aproximadamente. También en la ejecución de los 60 pilotes, de diámetro 180 cm y largo 26,5 m, ubicados en la fundación del mástil.

## FICHA TÉCNICA

FINALIZACIÓN OBRAS TERCER PUENTE  
Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS

**Mandante:** Serviu Región de La Araucanía.

**Ubicación:** Comunas de Padre Las Casas y Temuco.

**Año inicio:** 2018.

**Año término:** 2022.

**Inversión aproximada:** \$ 22.000.000.000 aproximado.

**Constructora:** Belfi S.A. (2018-2022).

Por otro lado, se tiene la ejecución de los pilotes provisorios en el río Cautín, donde se tuvieron que elaborar rellenos en el río, iniciando por el lado de la comuna de Padre Las Casas y posteriormente desde el lado de Temuco. “Estas obras tuvieron que ejecutarse de forma rápida, ya que, solo se podía intervenir el cauce en periodo de estiaje y eran fundamentales para poder instalar el sistema de cimbra, donde fue apoyado el tablero durante su periodo de ejecución, previo al proceso de atirantado”, señala Soledad Fuentes Barrientos, jefa del Departamento Técnico del Serviu Araucanía.

Respecto de la ejecución del mástil, la principal dificultad en su proceso constructivo fue su geometría, ya que, a medida que iban avanzando los trabajos se complejizaba la colocación de armadura y el hormigonado, debido a que el espacio de trabajo era muy reducido e iba aumentando la altura de la estructura. A la vez, era difícil la instalación del anclaje para los moldajes y el acceso de los trabajadores, los cuales debían subir al mástil, mediante un andamio.

En cuanto al proceso de atirantado, este tuvo que ser ejecutado por un equipo técnico proveniente del extranjero, ya que, en el país no existía el personal necesario y capacitado para llevar a cabo la instalación y tensado de los tirantes del puente Treng Treng Kay Kay. En esta faena, también se realizaron labores durante madrugadas, ya que, la ejecución de la inyección de la lechada en los tirantes debía realizarse bajo ciertas temperaturas.

## MÁSTIL

El mástil del puente posee una altura de 72 metros y es de hormigón pretensado, se compone de dos fustes poliédricos que se unen en una cabeza común, cuya sección transversal posee un ancho variable. “El mástil está inclinado hacia el estribo norte, y tiene dos cambios de directriz, creando así la forma estilizada que se asemejará a una serpiente.



El segundo cambio se encontrará cerca de la punta, marcando la cabeza del elemento. Entre esta cabeza y el mástil hay un cuerpo triangular de hormigón armado, el cual albergará los anclajes superiores de los tirantes delanteros, conecta las dos partes de la estructura y ayuda a resistir los momentos flectores que se generan en el cambio de directriz del mástil”, detalla Soledad Fuentes Barrientos.

El tablero del puente también es de hormigón pretensado y posee un ancho total de 27 m., lo cual permite proyectar dos pistas de circulación en cada sentido, más veredas laterales y una ciclovía. La sección transversal del tablero es de canto constante a lo largo de toda su longitud, bajo forma de cajón bicelular.

El sistema de tirantes da soporte al vano central de 140 m., son 12 pares de cables delanteros, distanciados cada 10 metros y 4 pares de cables traseros, los cuales se anclan en la cabeza del mástil. Los tirantes están formados por un conjunto de cables o torones de acero galvanizado de 0,6” de diámetro cada uno. Para protegerlos contra la corrosión y oxidación del acero, cada cable está cubierto por una cera a base de petróleo y envueltos por una funda de polietileno de alta densidad.

Respecto a la sismicidad del emplazamiento, en la memoria de cálculo de la estructura se consideraron diferentes criterios. Para los análisis sísmicos se utilizó el método Modal Espectral, de acuerdo con el Manual de Carreteras Vol. 3, mientras que para obtener el ancho mínimo de la mesa de apoyo, se basaron en la norma japonesa “Specifications for Highway Bridges, March 2002, Part V Seismic Design, en la sección 16.2 “Seat Length”.

Los desplazamientos de las placas de apoyo y las juntas de dilatación se obtuvieron teniendo en cuenta los movimientos obtenidos en el análisis modal espectral.

Las placas de apoyo consisten en apoyos tipo “pot” deslizantes, los que generan que las fuerzas longitudinales y transversa-

**Respecto de la ejecución del mástil, la principal dificultad en su proceso constructivo fue su geometría, ya que, a medida que iban avanzando los trabajos se complejizaba la colocación de armadura y el hormigonado, debido a que el espacio de trabajo era muy reducido e iba aumentando la altura de la estructura.**

les de sismo sean transmitidas a los estribos de entrada y salida por medios de topes.

El mástil tiene una fundación pilotada compartida con la cepa 2, en total se ejecutaron 60 pilotes preexcavados de hormigón armado, de diámetro 180 cm y largo 25,5 m, 30 en cada base los dos fustes, y 8 pilotes preexcavados de hormigón armado, de diámetro 120 cm y largo de 20 m. “Esta obra de gran envergadura, en conjunto con la ejecución del estribo de entrada, generó una movilización de una gran cantidad de personal de trabajo y maquinarias, sobre todo en las largas jornadas de hormigonado de las estructuras”, indica Soledad Fuentes Barrientos.

El mástil posee una altura de 72 metros, por lo que, a medida que se iba ejecutando, la dificultad iba aumentando debido a la altura y su geometría, principalmente en la instalación de los anclajes para el moldaje, en la colocación de armadura y las faenas de hormigonado. Por esta razón, su proceso constructivo fue realizado por partes, generando un total de 25 etapas.

## REGENERACIÓN URBANA

**EL PROYECTO** Mejoramiento Interconexión Vial Temuco - Padre Las Casas, contempló la ejecución de cerca de 15 kilómetros de calzada y 9 kilómetros de ciclovías, la construcción de pasos inferiores ferroviarios en la comuna de Padre Las Casas y puentes viales, entre ellos el Puente Treng Treng Kay Kay.

Actualmente la empresa constructora a cargo de finalizar las obras del Tercer Puente se encuentra ejecutando la conexión de calle General Mackenna con la Rotonda Norte, en la comuna de Temuco, y la conexión de calle Villa Alegre con la Rotonda Sur, en la comuna de Padre Las Casas. Además, se trabaja en la conexión del tramo inicial del puente Cautín Viejo con calle General Mackenna.



El mástil del puente posee una altura de 72 metros y es de hormigón pretensado, se compone de dos fustes poliédricos que se unen en una cabeza común, cuya sección transversal posee un ancho variable.

Debido a la altura, las últimas etapas de hormigonado se realizaron mediante capachos concreteros, por lo que, eran jornadas de trabajo extensas y se realizaron turnos entre el equipo de trabajo. “En cuanto a la instalación de los moldajes, debido a la precisión que se requería, estos debían ser verificados por el equipo de topografía de la empresa constructora y de la asesoría técnica, proceso que era de suma importancia para poder ejecutar las faenas de hormigonado”, complementa la funcionaria del Serviu Araucanía.

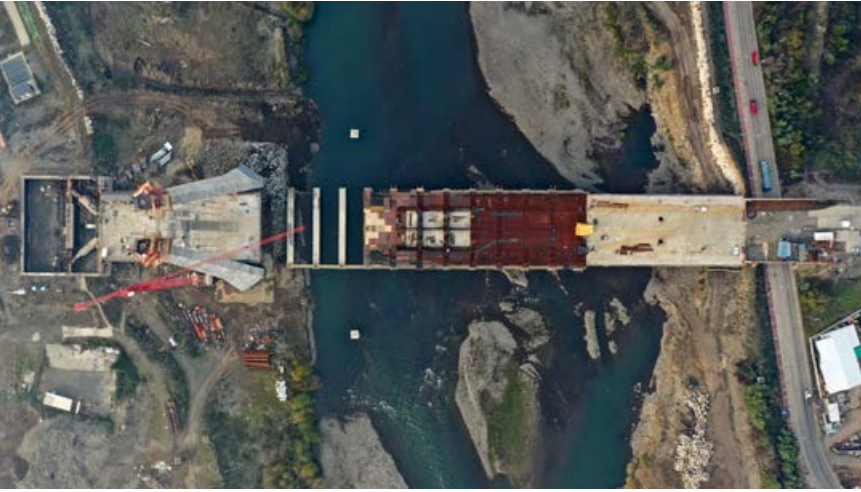
Con respecto a la colocación de armadura, debido al espacio reducido de trabajo y a la cantidad de armadura que llevaba la estructura, era muy complejo efectuar con rapidez esta labor, por lo que, esto era parte de la ruta crítica del proyecto.

### TIRANTES

El sistema de atirantado consiste en 24 tirantes delanteros, distribuidos en 12 pares, y 8 tirantes de retenida, distribuidos en 4 pares. Cada tirante está compuesto por cordones cuya cantidad varía desde los 27 cordones a los 127 cordones por tirante.

Los cordones son de acero pretensados de 7 hilos enrollados helicoidalmente alrededor de un alambre central, de baja relajación (grado R2), de diámetro nominal de 0,6” y grado 270 según norma ASTM A-416-80. Cada cordón se ancla en sus extremos mediante cuñas especialmente diseñadas para resistir el fenómeno de la fatiga y posee una protección individual con tres barreras.

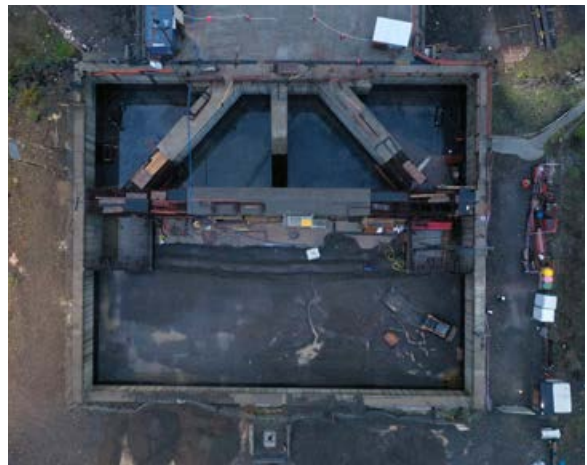
“El conjunto de cordones va alojado dentro de una vaina global de polietileno de alta densidad, con el fin de evitar el riesgo de vibraciones inducidas por efectos de lluvia o viento. Además, la salida de los cordones en el tablero y estribo de entrada están protegidos por tubos antivandálicos de longitud correspondiente a



El tablero del puente también es de hormigón pretensado y posee un ancho total de 27 m., lo cual permite proyectar dos pistas de circulación en cada sentido, más veredas laterales y una ciclovía. La sección transversal del tablero es de canto constante a lo largo de toda su longitud, bajo forma de cajón bicelular.



El mástil tiene una fundación pilotada compartida con la cepa 2, en total se ejecutaron 60 pilotes preexcavados de hormigón armado, de diámetro 180 cm y largo 25,5 m, 30 en cada base los dos fustes, y 8 pilotes preexcavados de hormigón armado, de diámetro 120 cm y largo de 20 metros.



una proyección vertical de 2,5 m”, comenta Soledad Fuentes Barrientos.

En relación con los anclajes, existen de dos tipos, los anclajes superiores ubicados en la cabeza del mástil que funcionan como anclajes fijos y los anclajes inferiores, ubicados en el tablero y estribo de entrada, los cuales se consideran anclajes regulables.

El sistema para montar los cordones se basa en dos principios básicos, instalación del tirante cordón a cordón y tensado mediante sistema hidráulico con control informático denominado Isotensión, donde el primer cordón que se tensa sirve de referencia para todo el proceso de montaje del tirante.

En términos generales se prepara la vaina y el cordón patrón, los cuales se instalan simultáneamente. Primero se prepara la vaina, luego se iza la vaina con el cordón patrón en su interior, y se fija con piezas auxiliares a los extremos superior e inferior, posteriormente se enfila el cordón patrón por su agujero correspondiente del anclaje en el mástil y se ancla con ayuda de la cuña, finalmente se enfila el cordón patrón en el anclaje infe-

rior y se tensa según la fuerza indicada en el proyecto. De esta forma, se van enfilandos cordón por cordón, hasta completar la cantidad requerida por tirante.

Debido a que el Puente Treng Treng Kay es una obra de gran envergadura, se utilizaron hormigones de alta resistencia en sus principales elementos. Para la ejecución del mástil se utilizó hormigón H-60, ya que, además de la gran altura de la estructura, esta debía recibir las cargas provenientes de los tirantes delanteros y transmitir las al estribo de entrada, en cuanto al tablero se utilizó hormigón H-55. Ambos elementos son de hormigón pretensado y su ejecución se llevó a cabo de acuerdo con lo indicado en el Manual de Carreteras Vol. 5, sección 5.501. Una obra de arquitectura en el sur de Chile. ■