

Uso de Dispositivos Electrónicos en seguridad vial, experiencia y desafíos

Use of Electronic Devices in Road Safety, Experience, and Challenges

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Claudio Poblete¹

Historial del artículo:

¹Tecnovial S.A., Maipú, Chile, cpoblete@tecnovial.cl

Recibido
03-06-2024
Aceptado
12-04-2025
Publicado
30-12-2025

Resumen

Tecnovial es una empresa manufacturera de soluciones en acero, incluyendo planchas de acero corrugado. Tecnovial fabrica corrugación profunda que permite mayor resistencia a la compresión y flexión en estructuras como puentes. Se desarrolló un proyecto en la comuna de Cauquenes, Chile, utilizando un arco corrugado de 17,6 m de luz y 5,3 m de altura. Se utilizaron planchas TV381 con una modulación de onda de 381 mm y profundidad de corrugación de 140 mm. Se detallan los componentes, especificaciones y metodología de diseño y montaje del puente, que se completó en aproximadamente dos meses. El resultado fue un puente resistente y estéticamente atractivo, con una sección hidráulica libre de escurrimiento y sin juntas de dilatación, lo que facilitó el flujo vial y generó ahorros en costos. Tecnovial puede proporcionar asesoría integral para proyectos de puentes corrugados en Chile.

Palabras Clave:

Puentes
Acero corrugado
Sostenibilidad
Construcción
Article history:

Abstract

Tecnovial is a manufacturer of steel solutions, including corrugated steel sheets. Tecnovial manufactures deep corrugation that provides greater resistance to compression and bending in structures such as bridges. A project was developed in the municipality of Cauquenes, Chile, using a corrugated arch with a span of 17.6 m and a height of 5.3 m. TV381 sheets with a wave modulation of 381 mm and a corrugation depth of 140 mm were used. The components, specifications, and design and assembly methodology of the bridge, which was completed in approximately two months, are detailed. The result was a sturdy and aesthetically appealing bridge with a free-flowing hydraulic section and no expansion joints, which facilitated traffic flow and generated cost savings. Tecnovial can provide comprehensive consulting services for corrugated bridge projects in Chile.

Received
03-06-2024
Accepted
12-04-2025
Available
30-12-2025

Keywords:
Bridges,
Corrugated steel
Sustainability
Construction

* Corresponding author at: Claudio Poblete, Tecnovial S.A., Maipú, Chile. E-mail address; cpoblete@tecnovial.cl

RIOCI

journal homepage: <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/index>

Vol. 13, no. 03, pp. 01–07, Diciembre 2025

1. Introducción

Tecnovial es una empresa que lleva 25 años en el mercado manufacturero de soluciones en acero, en particular, planchas de acero corrugado para distintas aplicaciones, como lo son las defensas camineras, alcantarillas, Tunnel Liner, túneles mineros, entre muchos otros.

El año 2018 la empresa dio un paso más allá y, gracias al desarrollo e implementación de maquinaria de alto tonelaje en la planta, comenzó a fabricar corrugación profunda, la que se define, de acuerdo al Manual de Carreteras 3.1003.9 como cualquier onda que tiene una profundidad de corrugación mayor a 120 mm. Las planchas conformadas bajo este esquema permiten lograr mayor resistencia a la compresión, pero su gran ventaja es que, al tener una corrugación de mayor altura, poseen mayor inercia que las corrugaciones tradicionales, permitiéndole así a las estructuras construidas de esta forma resistir cargas de flexión (momentos) significativos, lo que implica poder reducir la profundidad de enterramiento de estos corrugados y aumentar las luces que pudieran alcanzar. En la actualidad, la industria es capaz de diseñar, fabricar y montar puentes en acero de corrugación profunda de hasta 35 m luz, haciéndolos una atractiva alternativa a las soluciones tradicionales.

Con este nuevo actor en el mercado de las soluciones para conectividad y viaductos, Tecnovial se acercó a las oficinas de Vialidad del país. La Región del Maule fue una de las que mostró interés en desarrollar un proyecto implementando esta tipología de puentes para reemplazar una estructura de madera existente de 15 m de luz aproximadamente, optando por un arco de 17,6 m de luz y 5,3 m de altura, con un relleno sobre la clave de 1,5 m. Esta obra se ubicó en la comuna de Cauquenes, en el KM 5 del camino M-500. La corrugación utilizada fue la TV381, con una modulación de onda de 381 mm y una profundidad de corrugación de 140 mm.

2. Metodología

La Tecnovial realizó una visita a terreno donde se analizó y verificó la viabilidad del proyecto. Con los antecedentes topográficos y geomecánicos entregados por el MOP se pudo determinar que la solución era factible y se comenzó con el diseño de la estructura y todos sus componentes.

De acuerdo con los requerimientos del proyecto y la información entregada por Vialidad, se tuvo en consideración que el cause ante crecidas tendría un escurrimiento en régimen de río con una altura máxima del pelo de agua de hasta el 80% de la flecha del arco (ver Figura 1).



Figura 1. Puente El Membrillo en la actualidad.

2.1 Diseño

2.1.1 Arco corrugado

De acuerdo con las condiciones del terreno, con las cotas de la rasante del camino proyectada y el escurrimiento, se definió una geometría adecuada y un emplazamiento correcto. La sección elegida fue un arco de 17,6 m de luz y 5,3 m de altura, con un relleno sobre la clave de 1,5 m, como se muestra en la Figura 2.

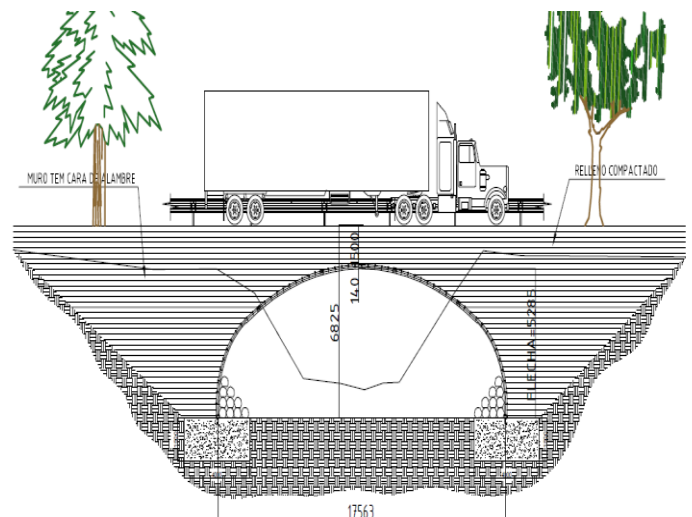


Figura 2. Sección transversal puente El Membrillo

La corrugación utilizada fue una onda de 381 x 140 mm, dentro de la clasificación de profunda que aparece en el Manual de Carreteras 3.1003.9 (MOP, 2022), mostrado en la Figura 3.

FIGURA 3.1003.9.A
EJEMPLO DE CORRUGACIÓN PROFUNDA (381 X 140 mm)

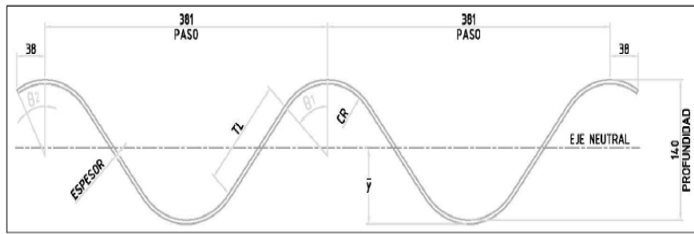


Figura 3. Geometrías de corrugación profunda 381 x 140 mm.

El mismo Manual indica que el diseño se debe hacer según la normativa AASHTO LRFD Sección 12 (AASHTO, 2021). El camión de diseño utilizado es el AASHTO HS20-44 con un 20% extra de sobrecarga. A su vez, se consideraron las propiedades geométricas indicadas en la norma ASTM A796M, donde también se detallan las propiedades resistentes a compresión de las uniones transversales. Se utilizaron los valores de resistencia a flexión propias de esta onda según la norma ASTM A794. Es importante diseñar considerando los requisitos mínimos de acero para las estructuras corrugadas siguiendo la normativa ASTM A761, la que se complementa con el cumplimiento de la normativa chilena NCh203 para estructuras sismo resistentes, de manera de garantizar ductilidad del material. En esta misma línea, se tomaron en consideración las recomendaciones de la norma canadiense CSA S6-06-CAN de diseñar con un sismo vertical equivalente a $2/3 A_0$, análogo a lo recomendado por las normas chilenas NCh433 y NCh2369.

2.1.2 Fundaciones

El diseño de las fundaciones consideró una zapata corrida en cada punto de apoyo del arco. Para este diseño se tomó en cuenta tanto la capacidad de soporte obtenido de la mecánica de suelos como las cargas asociadas a solicitaciones muertas (relleno estructural), vivas (camión AASHTO) y sísmicas. Además, se considera la cota de socavación para definir la profundidad del elemento.

Una vez dimensionada la cimentación, su diseño de detalle se elaboró de acuerdo a la norma ACI-318, equivalente a su homologación nacional, la NCh430. De esta manera, el resultado final de las fundaciones para el Puente Membrillo fueron zapatas corridas de 4 m de ancho 1,5 m de alto, con detalles según la Figura 4.

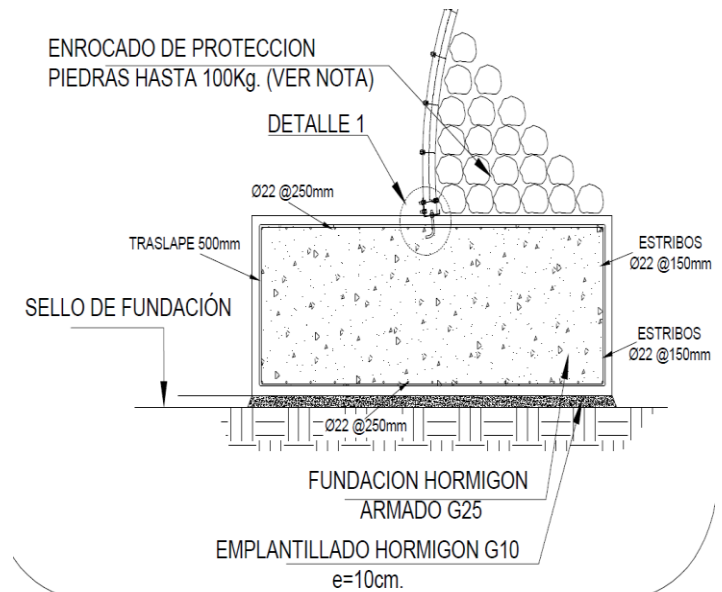


Figura 4. Detalle según plano de fundaciones Puente El Membrillo.

2.1.3 Muro TEM Cara de Alambre

El muro TEM utilizado para la contención lateral de los rellenos del puente es del tipo Cara de Alambre, fabricado por Tecnovial. Este se compone de mallas electrosoldadas galvanizadas que funcionan como refuerzo del relleno estructural. El TEM se diseña como un muro gravitacional, sometido a cargas estáticas sísmicas, estas últimas calculadas según las ecuaciones de Mononobe-Okabe. El detallamiento de las longitudes de mallas y diámetros de éstas se realiza de acuerdo al criterio de diseño de la norma FHWA-NHI-10-024 para el diseño de muros de tierra estabilizada.

2.2 Componentes y especificaciones

2.2.1 Planchas

Las planchas que componen el arco corrugado de este puente se denominan planchas TV381, con las geometrías de corrugación antes mencionadas. Cada plancha tiene un avance útil de 762 mm, es decir, dos desarrollos de onda completo. La longitud máxima de arco neto que puede alcanzar cada plancha es de 2842 mm, por lo que el perímetro se modula con 9 planchas. Cada una de estas planchas es fabricada a partir de una placa lisa de 1065 x 3077 mm, como se refleja en la Figura 5.

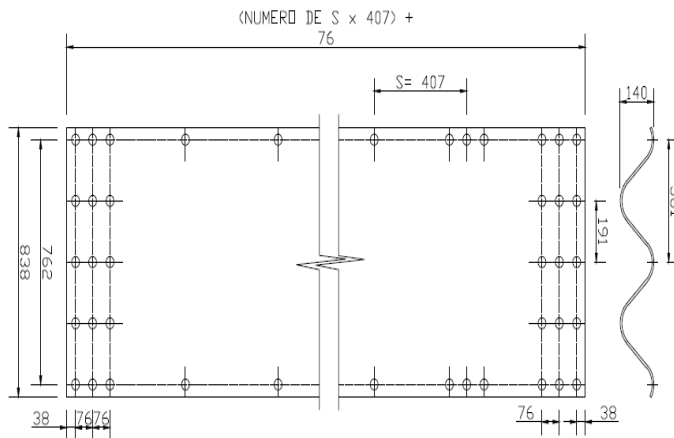


Figura 5. Plancha TV381 tipo.

El espesor obtenido por el diseño del puente fue de 8 mm y se utilizó un acero con calidad ASTM A1018 con una tensión de fluencia mínima de 275 MPa y una tensión de rotura mínima de 380 MPa, mientras que la elongación requerida es de al menos un 35%, de acuerdo a la NCh203.

Estas planchas se entregarán galvanizadas, cumpliendo con la norma ASTM A153.

2.2.2 Pernos y tuercas

Los pernos y tuercas utilizados para la conexión de planchas deben ser de alto grado, de calidad ASTM A449 para su acero y galvanizados de acuerdo a la norma ASTM A123. Dadas las características de la estructura, se utilizaron pernos de diámetro 7/8" y longitud 3".

2.2.3 Mallas y Geotextil

Las mallas que conforman el Muro TEM utilizan alambres de acero calidad SAE1008 y son galvanizadas de acuerdo con la norma ASTM A123. Para el muro que conforma el Puente EL Membrillo se utilizaron alambres de diámetro 5 mm, equiespaciados horizontalmente a 100 mm y verticalmente a 300 o 600 mm, dependiendo del diseño obtenido (ver Figura 6).

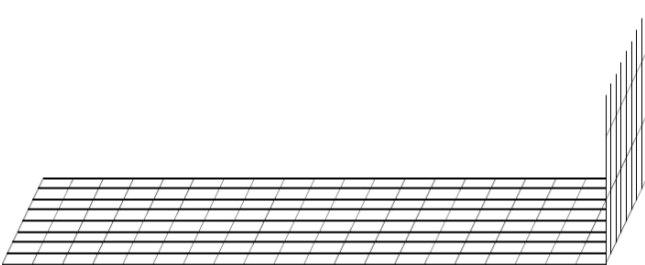


Figura 6. Esquema malla tipo Muro TEM Cara de Alambre.

Además, en la fachada del muro se incluye una capa de geotextil no tejido de 400 gr/m², para contener el material particulado fino del relleno estructural.

2.2.4 Hormigones y Refuerzos

Para la construcción de las fundaciones se utiliza un hormigón de una resistencia G25 y barras de refuerzo de acero estructural A630-420H.

2.3 Montaje

Luego del despeje de la zona, la limpieza y el desarme de estructuras existentes, el contratista realizó las excavaciones del terreno para preparar el sello de las fundaciones y del muro TEM de acuerdo con diseño de Tecnovial. Dadas las condiciones *in situ*, se recomendó un mejoramiento de suelo de 1,5 m de profundidad bajo el sello de la zapata, para garantizar una capacidad de soporte mínima estática y sísmica de 2 y 3 kg/cm², lo que implicó una excavación de 3 m. Todo este proceso se realizó en un período menor a 2 semanas de trabajo.

Una vez preparado el sello, se instalaron las barras de refuerzo de la fundación, compuestas por estribos que toman las cargas de corte y flexión, y barras longitudinales para la retracción. Además, se amarra en canal de anclaje que se embebe en el hormigón, al cual se le conectan las planchas corrugadas. Así, una vez todos los elementos de acero instalados, se disponen los moldajes para comenzar a hormigonar. Todo este proceso de construcción de fundaciones tomó 1 semana y se esperó a que fragüen 1 semana más antes de comenzar la instalación del arco.

Para el armado del corrugado primero se armó una mediacaña completa en planta, la que luego fue izada e instalada en el extremo de la fundación, conformando el primer anillo. A continuación, se comenzaron a instalar cada plancha por separado, partiendo desde la base de apoyo de cada extremo y culminando en la clave, según se esquematiza en la Figura 7.

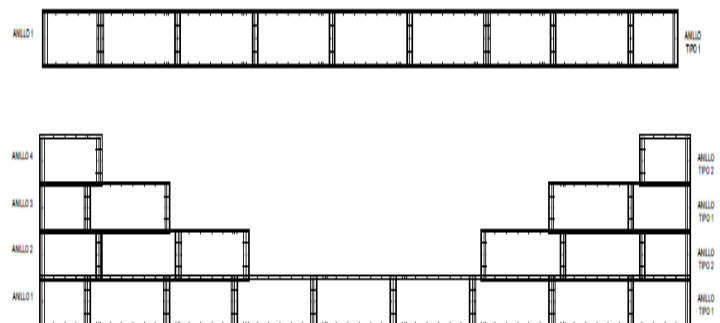


Figura 7. Secuencia de armado de las planchas del arco.

Una vez que el arco está armado en su totalidad, se torquean los pernos según las especificaciones, llegando a 42 +/- 7 kgm. Todo el proceso de armado y torquedo tomó 9 días.

Finalmente, se comienza con el relleno estructural y el Muro TEM. Para esto se disponen las mallas de acuerdo con el diseño y se comienza a compactar capas de 20 cm al 95% de un relleno estructural tipo Manual de Carreteras, equivalente a un suelo AASHTO M-145, tipo A1-, A-3 o A-2. Se tiene especial cuidado de compactar en las zonas aledañas al arco en un radio de 1 m con un compactador manual de 200 kg. Más allá de ese radio, se puede utilizar compactador de hasta 2 toneladas. En las zonas alejadas a más de 4 metros del arco, se permite maquinaria de hasta 10 toneladas.

Para darle un acabado más estético, en la fachada del muro se deja un espacio entre la malla y el geotextil para rellenar con bolones de 4" a 10", dando un acabado de enrocado o tipo gavión, como se aprecia en la Figura 8.



Figura 8. Terminación muro TEM con bolones.

Todo el proceso de relleno y construcción de los Muros TEM Cara de Alambre tomó 13 días. Luego de eso se puede construir la calzada e instalar las defensas camineras.

Para la protección de la estructura en sus cimentaciones, se consideró una mampostería de piedra con diente aguas arriba y aguas abajo del puente (ver Figura 9.), además de un enrocado. De esta manera se previenen efectos de socavación e inestabilidades de los apoyos.

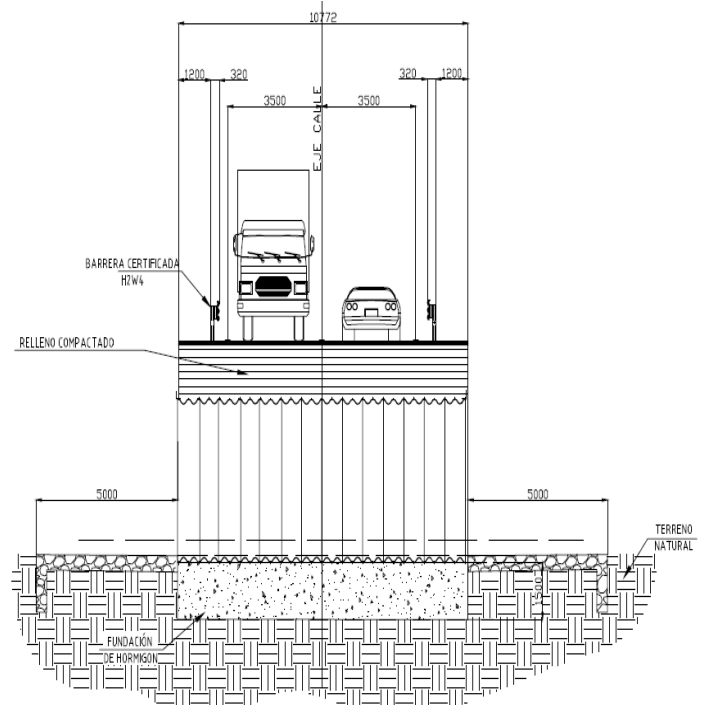


Figura 9. Sección transversal del puente.

3. Análisis de resultados

Se puede observar que los tiempos de ejecución del puente no superan los dos meses, desde que comienzan las excavaciones hasta que se termina de rellenar el suelo estructural, siendo la partida que más toma tiempo la asociada a los movimientos de tierra de relleno para la constitución del muro y los terraplenes. En particular, se aprecia como el arco corrugado (Figura 10) es una partida de rápido armado.



Figura 10. Montaje de planchas corrugadas Puente El Membrillo.

Con respecto a las partidas más relevantes del proyecto, se puede notar que se utilizaron 10,8 ml de arco corrugado, 754 m² de muro TEM, 140 m³ de hormigón. En cuanto a los movimientos de tierra, se consideraron casi 2000 m³ de excavaciones y 4.500 m³ de rellenos y compactación de terraplenes, que incluyen la conformación del Muro TEM (ver Figura 11).

Se aprovechó la época estival para la construcción del puente, por lo que el flujo vial provisorio fue a través de un badén. Una vez terminada la estructura, se tiene un puente sin limitaciones de carga y con el más alto estándar de resistencia del Manual de Carreteras, con dos pistas de 3,5 m ancho. Por otra parte, se obtiene una sección hidráulica libre de escurrimiento de más de 60 m², permitiendo una altura del flujo de más de 5 m.

Puesto que el material estructurante sobre el arco es suelo compactado, tal como los terraplenes y bases de los caminos, se genera una continuidad de calzada antes y después del atraveso fluvial. Esto implica que no existan juntas de dilatación que se generen entre estribos y losas o envigados en las soluciones tradicionales, evitando problemas de asentamientos diferenciales e impactos que esas zonas generan. Por otra parte, la continuidad de suelo permite hincar las mismas defensas camineras que utilizan en calzadas, sin necesidad de transiciones o barreras de contención especiales para puentes, facilitando el montaje y generando un ahorro.



Figura 11. Puente El Membrillo con su estructura completamente finalizada.

4. Conclusiones

De este caso expuesto en el presente artículo se puede concluir lo siguiente:

1. Tecnovial puede prestar asesoría integral a Vialidad sin costo alguno para la entidad, de manera de poder desarrollar soluciones de valor para la infraestructura vial de Chile, ayudando a la especificación de puentes corrugados en los proyectos nacionales.
2. Tecnovial tiene las herramientas para el diseño, el suministro y la asesoría de montaje en el desarrollo de un proyecto de puentes en acero de corrugación profunda.
3. El diseño entregado cumple con la normativa chilena e internacional para garantizar un óptimo desempeño de estas estructuras.
4. La ingeniería de Tecnovial es capaz de entregar un diseño completo, tanto con memorias de cálculo como planos y especificaciones técnicas de las partidas estructurales para la materialización del puente, como lo son las fundaciones, el arco corrugado y el muro TEM cara de alambre.
5. El montaje del Puente El Membrillo tomó menos de 2 meses de trabajo de la empresa constructora logrando erigir una estructura en un tiempo acotado, optimizando recursos.
6. El puente no utiliza juntas de dilatación que presentan problemas en el tiempo.
7. El puente puede utilizar las mismas barreras de contención hincadas que el resto del camino, ahorrando costos y tiempos de montaje.

Por lo tanto, estas estructuras serían una solución de valor para el Ministerio de Obras Públicas y para los usuarios que transiten por ellas.

5. Agradecimientos

A la empresa Tecnovial y a todos sus colaboradores.

6. Referencias

- *American Association of State Highway and Transportation Officials. (AASHTO). (2021). LRFD Bridge Design Specifications.*
- *American Concrete Institute (ACI). (2019). Requisitos de reglamento para hormigón estructural (ACI 318-19).*
- *American Society for Testing and Materials (ASTM). (2010). Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength (A 1011/A 1011M-10).*
- *ASTM. (2019). Standard Specification for Hex Cap Screws, Bolts and Stud, Steel, Heat Treated, 120/105/90 ksi Minimum Tensile Strength, General Use (A 449).*
- *ASTM. (2004). Corrugated Steel Structural Plate, Zinc-Coated, for Field-Bolted Pipe, Pipe-Arches and Arches (A 761/A 761M-04).*
- *ASTM. (2017). Standard Practice for Structural Design of Corrugated Steel Pipe, Pipe-Arches, and Arches for Storm and Sanitary Sewers and other Buried Applications (A 796/A 796M-17a).*
- *Instituto Nacional de Normalización (INN). (2006). Acero para uso estructural - Requisitos (NCh203.Of2006).*
- *INN. (2010). Hormigón - Requisitos generales (NCh170.Of2010).*
- *Manual de Carreteras (MOP). (2022). Volumen N°3: Instrucciones y criterios de diseño, Sección 3.1003.9.A.*
- *National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). (2010). Report 647: Recommended design specifications for live load distribution to buried structures.*