



**EVALUACIÓN TÉCNICA Y PLANIFICACIÓN CONSTRUCTIVA DE PASO
PEATONAL EN LA CARRETERA M-50 A LA ALTURA DEL KM-99.400,
CONSTITUCIÓN, CHILE**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
José Luis Cifuentes Orellana.

Profesor Guía:
Francisco Omar Lagos Peralta.

Fecha:
Abril 2024
Santiago, Chile

Dedicatoria (opcional)

Quisiera dedicar este proyecto de título a toda mi familia que fue un pilar fundamental en mi camino como estudiante y persona.

A mi madre Guadalupe Orellana Diaz, a mi padre Rodrigo Cifuentes Ortega y abuelo Jose Ricardo Orellana Valenzuela por darme todas las herramientas para que yo culminara mi etapa universitaria

A mi pareja Romina Norabuena por estar conmigo en todos los momentos ya sea que fueran buenos o malos.

Y en especial a mi abuela Guacolda Diaz Parra que sin ella nada hubiera sido posible.

SOLO USO ACADÉMICO

Agradecimientos (opcional)

En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres Guadalupe Orellana y Rodrigo Cifuentes quienes nunca me han dejado solo y me han apoyado en cada paso que doy, en mis victorias y mis derrotas muchas gracias por enseñarme buenos valores y darme buenos consejos, estaré eternamente agradecido con ustedes hasta el final de mis días.

También me gustaría agradecer a mi abuelo Jose Ricardo Orellana por ser un pilar fundamental y siempre apóyame, aunque sea un hombre de pocas palabras siempre me ayudo en toda mi etapa estudiantil y universitaria

A mi abuela Guacolda Diaz que sin ella no sería la persona que soy hoy en día, motivarme y guiarme en todos los momentos de su vida gracias por todo nunca la olvidare.

A mi pareja Romina Norambuena la cual me acompaña en cada paso que doy.

A mis amigos que de alguna u otra forma fueron parte de este proceso que finalizo con este proyecto.

Y un especial agradecimiento a todos los profesores que tuve en mi periodo universitario, cada uno de ellos me entrego una herramienta para desenvolverme de la mejor forma posible en el ámbito de la construccion. también especial agradecimiento a mi profesor guía Francisco Lagos por los consejos y su dedicación como docente de la universidad.

Resumen

La escasez de pasos peatonales seguros para las personas es un gran problema en zonas rurales del país, más aún en vías de alta velocidad como lo son las carreteras de nuestro país, donde el límite de velocidad es 120 km/h en las zonas rectas. El número de accidentes en las carreteras cada año es mayor, ya sea por colisión entre vehículos o personas atropelladas por cruzar en pasos peatonales no habilitados.

Debido a lo anterior, el Ministerio de Transportes junto con la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito CONASET crearon el Manual de Señalización de Tránsito para ciclistas y peatones, el cual norma y define todos los pasos peatonales existentes, como paso de cebra, paso regulado por semáforos, paso a sobre nivel y bajo nivel. El manual expone las condiciones para definir según distintos puntos de consideración la utilización de uno u otro paso peatonal con el fin de elegir la mejor opción para los futuros usuarios de este paso peatonal.

A lo largo del siguiente documento se realizó un amplio estudio a los pasos anteriormente mencionados para decidir cuál es la mejor opción de construcción en la localidad de Constitución. La ciudad se caracteriza por ser una zona forestal que tiene muchas carreteras en la zona exterior con una carente falta de pasos peatonales.

Se hará una comparativa de pasos peatonales según el Manual de Señalización de Tránsito y se tomará una decisión de qué paso peatonal sería la mejor opción en la zona en base a la durabilidad, impacto ambiental y condiciones geográficas y climáticas para mejorar la seguridad de las personas que transiten por el paso.

La decisión final de construir un paso peatonal soterrado por sobre una pasarela en desnivel es la sensación de seguridad que otorga el paso soterrado, ya que al estar bajo tierra no genera un peligro de derrumbe frente a un accidente, y no tiene riesgos de quedar inoperativo por impactos de vehículos, ya que este no afectaría en gran medida el paisajismo de la zona.

En Chile y en el continente hay muy poca información respecto a túneles peatonales con módulos prefabricados, los cuales dan una solución rápida sin tener que intervenir por mucho tiempo el terreno para su construcción. Esto proporciona una gran oportunidad de exponer la construcción de estos pasos peatonales con módulos prefabricados de hormigón como una solución real y tangible por sobre la pasarela en ciertos casos.

Palabras Claves: Prefabricados, paso peatonal, peatones, manual.

Summary

The scarcity of safe pedestrian crossings is a major issue in rural areas of the country, especially on high-speed roads such as our country's highways, where the speed limit is 120 km/h on straight stretches. The number of accidents on the roads increases every year, either due to collisions between vehicles or pedestrians being hit while crossing at unmarked pedestrian crossings.

As a result, the Ministry of Transport, along with the National Commission for Traffic Safety (CONASET), created the Traffic Signaling Manual for cyclists and pedestrians, which regulates and defines all existing pedestrian crossings, such as crosswalks, crossings regulated by traffic lights, overpasses, and underpasses. The manual sets out the conditions for determining, based on various considerations, the use of one type of pedestrian crossing over another to choose the best option for future users of that pedestrian crossing.

Throughout the following document, a comprehensive study was conducted on the crossings to decide on the best construction option in the town of Constitución. The city is characterized by being a forested area with many roads in the outer zone but lacking pedestrian crossings.

A comparison of pedestrian crossings will be made according to the Traffic Signaling Manual, and a decision will be made on which pedestrian crossing would be the best option in the area based on durability, environmental impact, and geographical and climatic conditions to improve the safety of people using the crossing.

The final decision to construct an underground pedestrian crossing rather than an elevated walkway is based on the sense of security provided by the underground crossing, as being underground eliminates the risk of collapse in the event of an accident, and there is no risk of it becoming inoperative due to vehicle impacts, as this would not greatly affect the landscape of the area.

In Chile and on the continent, there is very little information regarding pedestrian tunnels with prefabricated modules, which provide a quick solution without the need for extensive ground intervention for construction. This presents a great opportunity to showcase the construction of these pedestrian crossings with prefabricated concrete modules as a real and tangible solution over elevated walkways in certain cases.

Keywords: Prefabricated, pedestrian crossing, pedestrians, manual.

Índice

Dedicatoria (opcional).....	1
Agradecimientos (opcional).....	2
Resumen	3
Summary	4
Índice	5
Índice de imágenes	8
Índice de tablas.....	8
Introducción	9
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Metodología	11
Resultados	11
Antecedentes históricos del problema	12
Antecedentes técnicos.....	12
Planteamiento de la problemática	13
Marco Teórico	14
CAPÍTULO 1: PASOS PEATONALES	14
1. Pasos peatonales y quien los regula	14
1.1. Isla o refugio peatonal.....	15
1.2. Paso de cebra	16
1.3. Paso peatonal regulado por semáforo	17
1.4. Qué es un paso peatonal a desnivel.....	20
1.5. Paso sobre nivel	21
1.6. Pasos bajo nivel	24
CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA ZONA A EMPLAZAR EL PROYECTO	25
2. Características geográfica y climática de la zona.....	25
CAPÍTULO 3: ELECCIÓN DE PASO PEATONAL SEGÚN ANTECEDENTES GEOGRÁFICOS, CLIMÁTICOS Y DURABILIDAD EN BASE EL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO	27
3. Comparación de pasos peatonales disponibles según manual	28
3.1. Elección en base a la comparación anterior	29

CAPÍTULO 4: PLANIFICACION DE PASO PEATONAL SOTERRADO	30
4. Planificación de construcción en base a evaluación técnica y comparación entre pasos peatonales	30
4.1. Obras previas.....	30
4.1.1. Informe de obras previas.....	30
4.1.2. Informe de mecánica de suelos	30
4.1.3. Informe de resolución del MOP.....	30
4.1.4. Replanteo de obra	30
4.1.5. Desvío Ruta M-50	31
4.1.6. Instalación de faena y cierre perimetral	31
4.1.7. Trazado de corte faja fiscal	31
4.1.8. Corte faja fiscal	31
4.2. Movimiento de tierras.....	32
4.2.1. Excavación para cajones prefabricados.....	32
4.2.2. Relleno y compactación bajo cajones	32
4.3. Obra gruesa	32
4.3.1. Emplantillado para cajones.....	33
4.3.2. Colocación de cajones	33
4.3.3. Relleno y compactación para muros	35
4.3.4. Trazado y niveles de muros.....	36
4.3.5. Emplantillado para muros	36
4.3.6. Enfierradura muros.....	36
4.3.7. Moldajes de muros	38
4.3.8. Hormigonado de muros	39
4.3.9. Colocación de impermeabilizante a muros	39
4.3.10. Relleno y compactación caja de escalas	40
4.3.11. Emplantillado caja escala.....	40
4.3.12. Enfierradura caja escala	41
4.3.13. Rampa universal de acceso.....	42
4.3.14. Enfierradura de rampa de acceso universal.....	44
4.3.15. Hormigón rampa de acceso universal	44
4.3.16. Enfierradura losa inferior	44
4.3.17. Colocación cámaras de aguas lluvias	45

4.3.18.	Moldaje cámara agua lluvia.....	45
4.3.19.	Moldaje caja escala	45
4.3.20.	Hormigón caja escala.....	46
4.3.21.	Moldaje losa superior	47
4.3.22.	Enfierradura losa superior.....	47
4.3.23.	Hormigonado losa superior.....	48
4.3.24.	Colocación de canaleta Ulma	48
4.3.25.	Colocación de baldosas al interior del túnel	50
4.3.26.	Relleno y compactación lateral de cajones.....	50
4.3.27.	Relleno y compactación sobre cajones	50
4.3.28.	Pavimentación faja fiscal.....	51
4.3.29.	Recepción y habilitación de faja fiscal por parte del MOP	52
4.4.	Terminaciones	52
4.4.1.	Instalación pasamanos y malla en pilares.....	52
4.4.2.	Iluminación del túnel	53
4.4.3.	Colocación de barreras camineras	53
4.5.	Estimación en días de construcción del paso peatonal	55
4.6.	Limitaciones en base a resultados.....	57
Conclusiones		58
Referencias bibliográficas		59

Índice de imágenes

Imagen 1: Entrada aserradero Arauco – Viñales, Constitución.	9
Imagen 2: Entrada y estacionamientos Aserradero Arauco – Viñales, Constitución.	10
Imagen 3: Ejemplos de Islas y Refugios Peatonales.	16
Imagen 4: Señalizaciones de pasos peatonales.	17
Imagen 5: Pasos peatonales regulados por semáforos.	18
Imagen 6: Pasos peatonales regulados por semáforos	19
Imagen 7: Pasarela peatonal prefabricada de hormigón.	21
Imagen 8: Planta general pasarela.	22
Imagen 9: Pasarela peatonal colapsa luego de ser impactada por un camión.	24
Imagen 10: Módulos prefabricados de hormigón.	25
Imagen 11: Ubicación del lugar de emplazamiento.	26
Imagen 12: Mapa ciudad de Constitución.	27
Imagen 13: Modulo prefabricado de hormigón armado.	34
Imagen 14: Colocación de cajones.	35
Imagen 15: Láminas 4.401.101 MC-V4.	37
Imagen 16: Láminas 4.401.102 MC-V4.	37
Imagen 17: Imagen referencial a la ocupación del producto.	40
Imagen 18: Ejemplo de escalera tipo.	42
Imagen 19: Diagrama de rampa.	43
Imagen 20: Cambio de dirección de rampa.	43
Imagen 21: Canaleta Ulma.	49
Imagen 22: Montaje de barrera triple onda.	54
Imagen 23: Curva S de la construcción del túnel.	57

Índice de tablas

Tabla 1: Ancho mínimo paso peatonal semaforizado.	19
Tabla 2: Determinación de Facilidades según Relación PV2.	20
Tabla 3: Requisitos de los materiales para rellenos.	32
Tabla 4: Resistencia cubica del hormigón.	33
Tabla 5: Requisitos de los materiales para rellenos.	36
Tabla 6: Requisitos de los materiales.	38
Tabla 7: Tabla de calidad del hormigón.	41
Tabla 8: Mínimos de desmolde.	46
Tabla 9: Plazos mínimos de desmolde.	47
Tabla 10: Requisitos de los materiales para rellenos.	50
Tabla 11: Tabla 5.408.201.A Requisitos para la fracción gruesa.	51
Tabla 12: Tabla 5.408.201.B Requisitos para la fracción fina.	52
Tabla 13: Tabla 5.408.201.G granulometría gruesa.	52
Tabla 14: Tabla 6.502.603.A Ancho de la zona despejada.	53
Tabla 15: Estimación de días proyecto de pasarela peatonal bajo nivel.	56

Introducción

La carretera M-50 que conecta las localidades de Constitución y Chanco es altamente transitada por camiones con carga forestal, lo que la hace peligrosa para los peatones que transitan por dicha carretera. Sumado a lo anterior, la poca visibilidad en las mañanas por la niebla y las constantes lluvias en el invierno generan un riesgo más para la seguridad vial en la carretera para los ocupantes de ella.

En el KM-99.400 de la carretera M-50 se encuentra el aserradero Arauco Viñales, donde trabajan cerca de 2.500 personas. El aserradero les brinda transporte a sus trabajadores para llegar desde sus hogares al trabajo, los cuales corresponden a 20 buses aproximadamente. Estos buses llegan juntos al complejo y no cuentan con un estacionamiento fijo, por lo cual utilizan la berma pública para estacionarse y realizar el descenso de las personas, como se puede apreciar en la Imagen N°1 expuesta más abajo, quienes posteriormente deben cruzar la carretera hacia el aserradero. Esta acción genera una situación de peligro para cualquier individuo que transite en ese momento por la carretera a la altura del aserradero.

Imagen 1: Entrada aserradero Arauco – Viñales, Constitución.



Fuente: Proyecto estacionamiento complejo viñales (2015). Recuperado de www.arauco.cl

Este escenario genera una problemática de contar con la disponibilidad de un paso peatonal y de un estacionamiento para las personas que transitan por ese lugar, ya que constituye un número grande de posibles víctimas de accidentes que pueden llegar a ser fatales. En la Imagen N°2 se puede ver cómo se ve sobrepasado el espacio destinado a vehículos particulares, lo que ocasiona que se estacionen en la berma, generando una condición de peligro en la ruta.

Imagen 2: Entrada y estacionamientos Aserradero Arauco – Viñales, Constitución.



Fuente: Google Earth y elaboración propia.

Por lo expuesto anteriormente, es que a lo largo de este proyecto de título se investigarán los distintos tipos de pasos peatonales existentes en Chile y cuáles son los más utilizados. Además, se evaluará y planificará cuál es el más apropiado para construir dependiendo de las características geográficas y climáticas de la zona teniendo el menor impacto ambiental que afecte el lugar de emplazamiento del paso peatonal, cumpliendo las exigencias del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET).

Objetivo general

Evaluar, determinar y planificar el tipo de paso peatonal ideal en base a durabilidad e impacto visual según las características geográficas y climáticas de la zona, que disminuya el riesgo al cruzar la vía en la carretera en base al Manual de Carreteras y al Manual de Señalización de Tránsito de la CONASET.

Objetivos específicos

1. Investigar los distintos tipos de cruces peatonales existentes en carreteras y/o ciudades de Chile, para evaluar su implementación en el proyecto presentado.
2. Determinar el modelo de cruce peatonal más adecuado para implementar en el cruce de carreteras M50 en el km 99.400 a partir de los modelos existentes en el manual.
3. Planificar el modelo constructivo considerando durabilidad, impacto visual y condiciones geográficas y climáticas de la zona que tenga mayor contribución a disminuir el riesgo de accidentes peatonales al cruce de la vía en aserradero Arauco sector Viñales, Constitución, Chile.

Metodología

La metodología de trabajo consiste principalmente en la búsqueda activa de información bibliográfica en páginas web gubernamentales como la del Ministerio de Obras Públicas (MOP), de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET), de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, así como también en páginas web de la organización sin fines de lucro Corporación Ciudad Accesible; publicaciones en revistas del área de la construcción como: EMB Construcción, EnConcreto, Ingeniería de Construcción, las cuales permitirán recabar la mayor cantidad posible de antecedentes con la finalidad de poder definir, de la manera más objetiva, la mejor solución para mejorar la seguridad de los trabajadores del complejo aserradero Arauco, al cruzar la carretera M50, en el sector de Viñales, Constitución, Chile.

Se realizará una planificación de un proyecto para encontrar una solución que mejore la seguridad de las personas que crucen la carretera en el kilómetro 99.400 la ruta M-50, para esto se estudiarán pasos peatonales que norma en su capítulo 6 el Manual de Señalización de Tránsito de la CONASET.

Resultados

Se espera dar una solución al cruce peatonal en la carretera M-50 km 99.400, buscando la mejor alternativa constructiva, en base a señalado por el Manual de Señalización de Tránsito. Además, se seguirán los procesos constructivos del Manual de Carretera

volumen 4, 5 y 6. Así mismo, se investigará la planificación más optima teniendo en cuenta las condiciones climáticas y geográficas.

Antecedentes históricos del problema

La carretera M-50 es conocida por su alto tráfico de camiones de carga y sus accidentes constantes, la poca visibilidad que hay de noche, la neblina que se genera casi todas las mañanas producto de las condiciones climáticas características de la zona, además de las fuertes lluvias que ocurren en invierno. Estas variables influirían directamente en el aumento del riesgo para que se produzcan accidentes, los cuales generalmente tienen como consecuencia resultados leves, pero también pueden llegar a ser graves e incluso fatales.

Con el pasar del tiempo, la cantidad de trabajadores del aserradero Arauco aumentó y la capacidad del estacionamiento se vio sobrepasada, lo cual generó inconvenientes de vialidad que causaban los automóviles y buses de transporte, pertenecientes al personal del aserradero Arauco, que se estacionaban día a día en la franja y berma pública fuera del complejo, provocando el cruce irregular de personas al aserradero. Dentro del malestar principal que se destacaba era la inseguridad y riesgo para el tránsito público de la carretera, ya que los espacios públicos eran usados como estacionamientos, dificultando la circulación y visual normal de vehículos por la carretera, además de sumar el cruce indebido de peatones por la vía.

Si bien en los últimos 10 años la cantidad de accidentes en la Región del Maule ha ido fluctuando, se encuentra sobre el promedio nacional en materia de siniestros, fallecidos y lesionados, excluyendo a la Región Metropolitana del análisis (CONASET, 2022). La mayor parte de los siniestros en la región ocurren en el área urbana, no obstante, nueve de cada diez fallecidos son en contextos rurales.

Antecedentes técnicos

Como primera medida de mitigación, en el año 2015 se instalaron barras alertadoras luminosas en el sector norte y sur de la carretera, próximo a la llegada al complejo, un trabajo realizado en coordinación con el MOP. Las barras tenían como principal objetivo que los vehículos que circulen por la carretera pública disminuyan su velocidad y así prevenir accidentes por alcance afuera de la instalación industrial.

Al poco tiempo después se colocaron en el asfalto tachas destellantes para que los automóviles disminuyeran la velocidad al acercarse a la zona, pero aun así no se mejoró la seguridad para los trabajadores que cruzaban la carretera hacia el complejo. A pesar de las medidas adoptadas, estas no cumplieron completamente su propósito, ya que los conductores en esta carretera no disminuían la velocidad al encontrarse con las barras luminosas de advertencia y las tachas indicadoras, lo que incrementaba notablemente el riesgo de accidentes entre ellos al querer atravesar la vía.

Planteamiento de la problemática

Dado lo anterior, se considera necesario la existencia de un paso peatonal regulado bajo las normativas del Ministerio de Obras Públicas y la Comisión Nacional de Seguridad y Tránsito en la zona donde se encuentra el aserradero, ya que el flujo de personas que mueve en los horarios de entrada y salida del personal es importante y así se evitarían accidentes que afecten la integridad de peatones y automovilistas.

Al construir un paso peatonal no solo se solucionaría el cruce carretero de los trabajadores del aserradero Arauco, sino que también ayudará a que las personas que requieran cruzar la carretera lo realicen de forma segura y sin exponerse a accidentes, lo que correspondería a un beneficio para todos.

De esta manera, se decidirá por el paso peatonal que le entrega más percepción de seguridad a los ocupantes, sea duradero en el tiempo por las condiciones geográficas y climáticas de la zona y que genere el menor impacto ambiental al momento de finalizar el proyecto.

Marco Teórico

CAPÍTULO 1: PASOS PEATONALES

1. Pasos peatonales y quien los regula

En el año 1993 fue fundada la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET) con el objetivo central de prevenir siniestros de tránsito y sus consecuencias. Dentro de sus principales funciones se encuentran: la redacción de normativas de circulación de vehículos motorizados y no motorizados, además de la elaboración y publicación de informes anuales a nivel nacional a partir del registro y seguimiento de accidentes, fallecidos y lesionados.

Con la publicación del Decreto Supremo 223 del 27 de diciembre de 1993, a CONASET le corresponde asesorar al presidente de la República en materias referentes a la disminución de las elevadas tasas de accidentes de tránsito que ocurren en el país, entregando competencia en toda materia relacionada a la seguridad de tránsito.

Respecto a la legislación chilena, la ley que aborda la seguridad vial es la N°18.920, publicada el 29 de octubre del 2009. Conocida como “ley del tránsito”, esta ley se encarga de determinar los lineamientos del comportamiento vial de todas las personas que transiten por caminos, calles, vías públicas, rurales o urbanas, destinadas al uso público, y está dirigida a peatones, conductores y pasajeros de cualquier clase de vehículos.

Además, esta ley en su apartado XIV DISPOSICIONES GENERALES SOBRE USO DE LAS VÍAS, específicamente en artículo N.º 162, hace referencia al tránsito de peatones por la vía, donde se puede destacar:

- En aquellas vías públicas donde no haya acera, los peatones deberán transitar por las bermas o franjas laterales de la calzada y por el costado izquierdo de ellas, enfrentando los vehículos que circulen en sentido opuesto
- Al cruzar las calzadas se debe utilizar los pasos peatonales o los pasos a desnivel.
- En los lugares regulados por Carabineros o semáforos, se deberá respetar sus señales y no se podrá iniciar el cruce o bajar a la calzada hasta que sea indicado.

En conjunto con la ley descrita anteriormente, existe el Manual de Señalización de Tránsito, cuya última actualización fue publicada en el Diario Oficial el 17 de mayo del 2012. Este manual es un documento técnico creado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que establece normas sobre la señalización del tránsito que deben regir a nivel nacional, para asegurar que la circulación vehicular y peatonal se lleve a cabo en forma segura, ordenada y cómoda. En el capítulo 6, titulado “facilidades explícitas para peatones y ciclistas”, se indica las facilidades explícitas que deben habilitarse en las vías públicas para que los peatones puedan cruzar las calzadas en adecuadas condiciones de seguridad cuando existan riesgos para realizar dicha maniobra.

Según lo indicado en el apartado 6.1.2 del Manual de Señalización de Tránsito (2012), los distintos tipos de facilidades peatonales explícitas se pueden clasificar en:

- Isla o refugio peatonal: zona de protección para los peatones instalada generalmente en la parte central de la calzada, con el objeto de posibilitar el cruce en una vía de 2 etapas.
- Paso de cebra: senda demarcada en la calzada, normalmente perpendicular al eje de esta y eventualmente a nivel de acera, en la cual los peatones tienen prioridad permanente sobre los vehículos que se aproximan a ella.
- Paso peatonal regulado por semáforo: senda demarcada en la calzada, generalmente perpendicular al eje de esta, respecto de la cual un semáforo reparte alternadamente el derecho a paso de peatones y vehículos.
- Paso peatonal a desnivel: Estructura elevada sobre el nivel de la calzada, comúnmente denominada “pasarela”, o paso bajo la calzada (túnel), que posibilita cruzar la vía sin que haya interferencia alguna entre vehículos y peatones. Se habilitan generalmente en autopistas y autovías, pudiendo usarse también en otras vías donde los vehículos circulan a altas velocidades y/o el flujo vehicular es muy elevado, o donde se registran atropellos frecuentemente

Considerando lo anterior, se puede determinar que en Chile existen distintos tipos de pasos peatonales por los cuales pueden cruzar los peatones de forma segura las calles o carreteras del país. A continuación, se analizarán e investigaran en manera más detallada los pasos peatonales existentes en el Manual de Señalización de Tránsito y cuáles son posibles de construir en la ruta M-50 teniendo en cuenta sus características de ser vía de **alta velocidad, su condición geográfica, climática e impacto visual**.

1.1. Isla o refugio peatonal

Las islas peatonales deben tener como mínimo 1,2 m de ancho para poder alojar con seguridad a los peatones que esperan para cruzar la segunda etapa de la calzada, evitando que los espejos retrovisores exteriores de vehículos puedan lesionarlos (CONASET, 2012). El manual también menciona que, en casos excepcionales, el ancho puede reducirse a 0,80 metros, pero en ese caso, se debe aumentar visualmente el ancho a 1,2 metros mediante una demarcación adecuada. Además, estas zonas deben ser diseñadas de tal manera que:

- den un adecuado refugio a peatones y a personas que se desplazan en sillas de ruedas o con coches.
- no impongan desniveles difíciles de sortear por personas con discapacidad física, coches y otros.
- posean iluminación y/o señalización vertical y horizontal que permita una apropiada visibilidad de la facilidad en la noche y en otros períodos de baja luminosidad.

A continuación, se puede ver un ejemplo del esquema de una isla y refugio peatonal en la Imagen N°3.

Imagen 3: Ejemplos de Islas y Refugios Peatonales.



Fuente:

https://www.conaset.cl/manualsenalizacion/document/Capitulo6_FacilidadesExplicitas.pdf

1.2. Paso de cebra

Se considera que un paso de cebra está en un tramo de carretera cuando hay al menos una distancia de 30 metros entre él y la intersección más cercana, o cuando está situado en la carretera que no empieza o termina en esa intersección en forma de T.

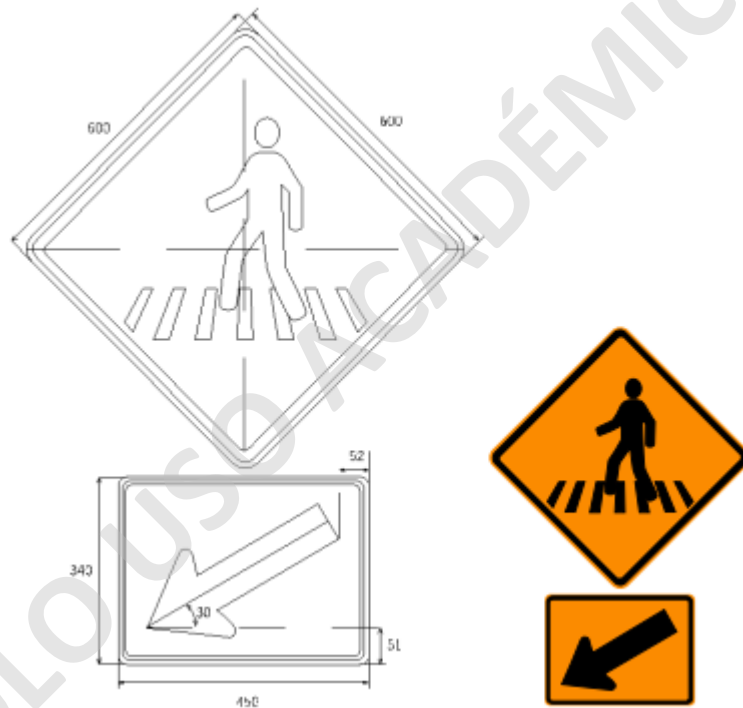
Otras características y requerimientos a los pasos de cebra en general:

- Señal velocidad máxima: Al proveerse un paso cebra - en un tramo de vía, en la proximidad de un cruce o en un cruce mismo - es importante tener en cuenta que éste requiere que la velocidad de operación en el lugar en que se proyecte su emplazamiento no sea superior a 50 km/h.
- Restricción de largo: El largo de un paso cebra no debe exceder de 2 pistas de circulación o de 8 m. Si el ancho de la calzada es mayor, obligatoriamente debe instalarse una isla o refugio peatonal que permita a los peatones cruzarla en etapas.

- Elevación del paso cebra a nivel de aceras: Se recomienda que los Pasos Cebra sean a nivel de la acera (tipo resalto plano), cuando se encuentren emplazados cerca de las salidas de establecimientos educacionales.

Los pasos de cebra a nivel de acera deben ser advertidos a los conductores 35 m antes con la señal de advertencia de peligro resalto, y en el mismo lugar del cruce, con la señal de paso cebra junto a una placa que contenga una flecha apuntando a éste, tal como se muestra en la Imagen N°4. La demarcación de estos pasos de cebra debe considerar 2 triángulos isósceles blancos, de 1 metro de base, enfrentando la circulación de cada pista.

Imagen 4: Señalizaciones de pasos peatonales.



Fuente:

https://www.conaset.cl/manualesenalizacion/document/Capitulo6_FacilidadesExplicitas.pdf

1.3. Paso peatonal regulado por semáforo

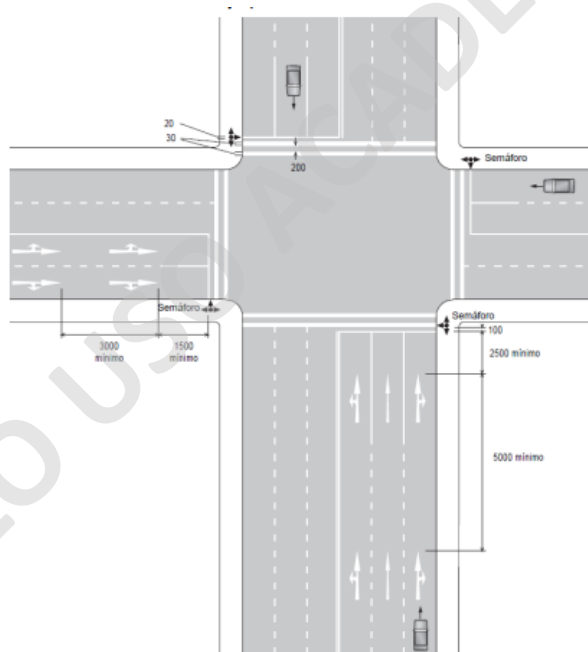
El Manual de Señalización indica que corresponden a una senda demarcada en la calzada, generalmente perpendicular al eje de ésta, respecto de la cual un semáforo reparte alternadamente el derecho a paso de peatones y vehículos (CONASET, 2012). El camino peatonal puede ser cruzado por vehículos sólo cuando el semáforo esté en luz verde,

debiendo dejar pasar a los peatones que ingresaron al camino antes del inicio de la luz verde y/o a los que cruzan una luz verde. Se ubican en cruces semaforizados - en ocasiones, levemente alejados de la intersección - o en tramos de vía. En estos últimos, el semáforo otorga una fase exclusiva para los peatones. En el primer caso, esto es, cuando el semáforo atiende a la necesidad de regular la circulación de vehículos en un cruce, su instalación responde a los criterios contenidos en el Capítulo 4 del Manual De Señalización De Tránsito.

Estos comúnmente se encuentran en las ciudades, pero difícilmente en carreteras de alto tráfico.

- Líneas Continuas que definen la senda peatonal y Línea de Detención: Las especificaciones de estas líneas se contienen en el Capítulo 3. Las correspondientes marcas viales, en particular como se puede apreciar en la imagen N°5 y N°6 a continuación.

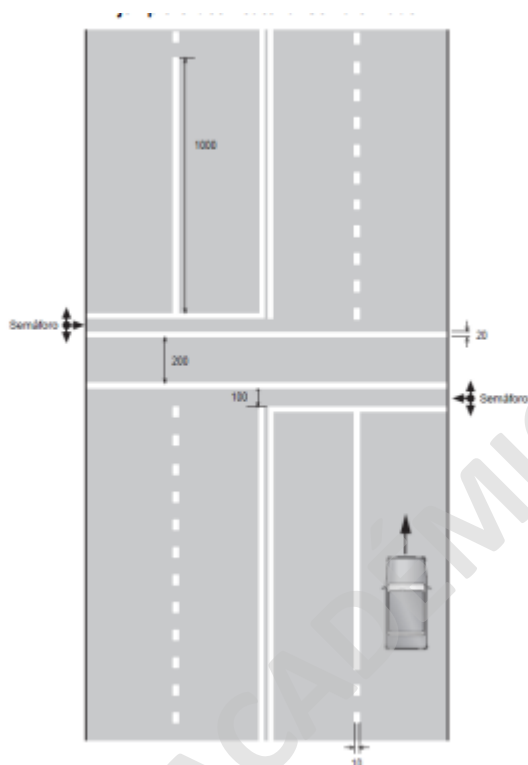
Imagen 5: Pasos peatonales regulados por semáforos.



Fuente:

https://www.conaset.cl/manualsenalizacion/document/Capitulo6_FacilidadesExplicitas.pdf

Imagen 6: Pasos peatonales regulados por semáforos



Fuente:

https://www.conaset.cl/manualsenalizacion/document/Capitulo6_FacilidadesExplicitas.pdf

- El ancho mínimo de la senda o paso peatonal queda determinado por el flujo peatonal, según se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1: Ancho mínimo paso peatonal semaforizado.

Flujo Peatonal (peatones/h)	Ancho Mínimo (m)
Menor o igual a 500	2,0
501 a 750	2,5
751 a 1000	3,0
1001 a 1250	3,5
1251 a 1500	4,0
1501 a 1750	4,5
Mayor a 1750	5,0

Fuente:

https://www.conaset.cl/manualsenalizacion/document/Capitulo6_FacilidadesExplicitas.pdf

- Para realizar la tabla, el flujo de peatones debe determinarse como el promedio de las 4 horas de mayor tráfico peatonal, a partir de las mediciones efectuadas según lo expresado en la tabla N°2, considerando los dos sentidos de circulación.

Tabla 2: Determinación de Facilidades según Relación PV2.

PV2	P (Peat/h)	V (Veh/h)	Recomendación Preliminar
Sobre 10 ⁸ (si no es posible la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada)	50 a 1.100 50 a 1.100 sobre 1.100	300 a 500 sobre 500 sobre 300	PASO CEBRA Semáforo peatonal con botonera Semáforo peatonal con botonera
Sobre 2 x 10 ⁸ (si existe o es necesaria la provisión de una zona de protección peatonal)	50 a 1.100 50 a 1.100 sobre 1.100	400 a 750 sobre 750 sobre 400	PASO CEBRA con isla o refugio peatonal Doble semáforo peatonal con refugio peatonal Doble semáforo peatonal con refugio peatonal

Fuente:

https://www.conaset.cl/manualesenalizacion/document/Capitulo6_FacilidadesExplicitas.pdf

1.4. Qué es un paso peatonal a desnivel

Es una estructura elevada sobre el nivel de la calzada, comúnmente denominada pasarela, o paso bajo la calzada (túnel), que posibilita cruzar la vía sin que haya interferencia alguna entre vehículos y peatones (CONASET, 2012). El manual agrega el hecho de que se habilitan generalmente en autopistas y autovías, pudiendo usarse también en otras vías donde los vehículos circulan a altas velocidades y/o el flujo vehicular es muy elevado, o donde se registran atropellos frecuentemente.

El diseño de una pasarela o paso peatonal bajo nivel (túnel) se debe ajustar a las especificaciones elaboradas por la autoridad competente en la vía. No obstante, el manual indica que deben considerarse las siguientes recomendaciones:

- Se deben ubicar lo más cerca posible del lugar donde se concentran los mayores flujos de peatones.
- Que el cruce en la superficie, en las proximidades del paso a desnivel y bajo o sobre éste, según sea el caso, esté impedido por rejas u otros dispositivos de segregación.
- Que no existan otras facilidades peatonales a menos de 80 m del lugar donde ésta se ubique.
- Que sus entradas y salidas sean claramente distinguibles y accesibles para los peatones.
- Que cuenten con adecuada iluminación.
- Cuando se trate de túneles, que sus salidas puedan ser visualizadas desde las entradas a ellos.

1.5. Paso sobre nivel

De acuerdo con lo señalado por Sciaraffia (2019), las pasarelas estándar que se construyen en Chile se diseñan considerando fundaciones *in situ*, dos alternativas de diseño para cepas (*in situ* y prefabricadas) y el tablero. Este último, agrega el autor, en general está compuesto por una viga de tipo cajón, aligerada en el núcleo con poliestireno expandido de alta densidad y que incluye una losa superior con terminación de hormigón rugosa para circulación de usuarios, sin la necesidad de pavimentación posterior en segunda etapa.

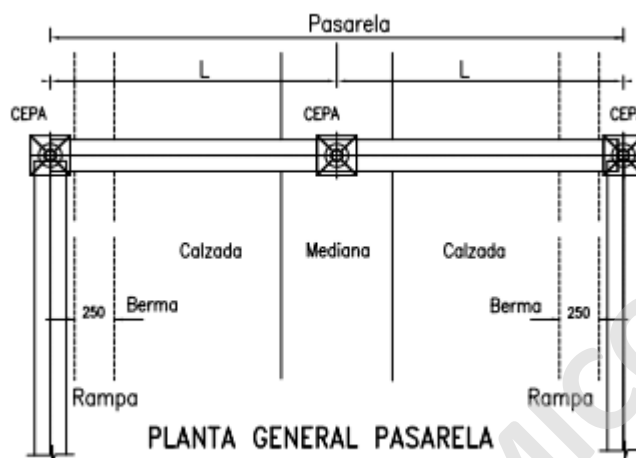
Una pasarela típica (Imagen N°6) se compone por 2 vigas que atraviesan la carretera, con 2 cepas en cada cambio de dirección y una central, 3 vigas y 2 cepas por rampa más los estribos (Imagen N°7); se prefabrica en una planta en un plazo típico de 10 días y el montaje se desarrolla en 5 días (Sciaraffia, 2019). De esta forma, la pasarela es una clara expresión de construcción industrializada por el mínimo impacto que genera la construcción y con una planificación que se reduce sólo a etapas de montaje en obra.

Imagen 7: Pasarela peatonal prefabricada de hormigón.



Fuente: Pasarela Leyda - Autopista del Sol. Recuperado de <https://www.hormisur.cl/pasarelas-peatonales/proyecto-pasarela-leyda-autopista-del-sol.php>.

Imagen 8: Planta general pasarela.



Fuente: Planta general pasarela – Manual de carreteras Volumen N°4 4.605.001
https://portal.ondac.com/601/articles-59865_doc_pdf.pdf.

También existen pasarelas las cuales su construcción son completas en estructura metálica, estas se utilizan dependiendo de la profundidad. Algunas simplemente cruzan, por ejemplo, un pequeño río o atraviesan un corte profundo. En tales casos, la profundidad de la construcción no es tan importante y se pueden emplear vigas de acero o construcciones de acero compuesto (Estructuras Metálicas Colombia, s.f.). Cuando el tramo es largo, la respuesta dinámica del puente se convierte en una consideración a tomar en cuenta, particularmente para el puente de acero más ligero. La mayor rigidez proporcionada por la construcción de cerchas puede ser ventajosa.

Hay algunos tipos de pasarelas metálicas que le entregan una estética visual al entorno en donde se construyen que sirven como elementos distintivos o incluso como puntos de interés arquitectónico.

Por otro lado, resulta relevante destacar que, según las exigencias de la ley 20.422 (2010) “Establece normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad”, las pasarelas deben permitir el uso a toda persona que pueda trasladarse por sí sola, ya sea caminando o en silla de ruedas.

En cuanto a las ventajas de las pasarelas se logra identificar que: reducen el riesgo de accidentes peatonales en los sectores aledaños a la pasarela peatonal en vías de alta velocidad y entregan la posibilidad de cruzar la vía sin que haya interferencia alguna entre vehículos y peatones (Corporación Ciudad Accesible, 2017).

Otra ventaja es que entregan una **sensación de seguridad** al disminuir el riesgo de accidentes separando a peatones con los flujos vehiculares, minimizando las posibilidades de colisiones y atropellos a peatones.

Una ventaja característica de los pasos peatonales a desnivel como pasarelas **es que permite cruzar la calle donde se construye sin interferir el tráfico**, esto ayuda a mantener constante la circulación en la vía y reduce la necesidad de detener en semáforos o pasos de cebra que deberían estar en desmedro del paso peatonal sobre nivel.

Ahora bien, dentro de las desventajas de las pasarelas peatonales es posible mencionar que estas representan cierto grado de dificultad para ser utilizadas por personas en situación de discapacidad o movilidad reducida, generando que este mismo grupo de personas busquen otras formas de cruzar las vías no convencionales (Martínez, 2016), además de transformarse en un elemento segregador respecto a la población que puede utilizarlas (Corporación Ciudad Accesible, 2017).

También la humedad por las condiciones climáticas es una desventaja debido a la exposición a oxido y corrosión **que es un proceso que altera la composición física y química del acero, por la acción y exposición de un agente natural como el agua, el viento o la sal** que afectaría el pasar del tiempo a la estructura ya que **esta condición genera un deterioro que en ocasiones el metal pierde sus principales propiedades, como la dureza y la durabilidad** (Concreacero, s.f.). Si no se mitiga de manera oportuna esta podría colapsar ocasionando un derrumbamiento o colapso de la estructura en los peores casos. Por otra parte, el fuego también es una gran desventaja para los metales, según ensayos realizados en base a la Norma NFPA 251 el acero estructural colapsa al alcanzar los 538 °C (Rodríguez, s.f.).

Cabe mencionar también que es posible que las pasarelas se vean involucradas en incidentes los cuales podrían afectar su correcto funcionamiento y generarían mantenciones no planificadas en estas, como es posible observar en la imagen N°9 donde un camión que sobrepasaba la altura máxima permitida para el tránsito bajo la pasarela destruyó la misma dejando esta inoperativa para su uso, o ser afectadas por incendios forestales en carreteras con vegetación y dejar inoperativa la estructura metálica de estas.

Imagen 9: Pasarela peatonal colapsa luego de ser impactada por un camión.



Fuente: Pasarela peatonal destruida en Ruta Maipo cercano a Curicó. Recuperado de https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-del-maule/retiran-pasarela-peatonal-que-fue-destruida-por-un-camion-en-el-maule/2023-03-15/205403.html#gal_id&slide=foto_8.

1.6. Pasos bajo nivel

Los túneles son obras sumamente complejas, están destinados al tránsito peatonal como vehicular entregando un traslado seguro y expedito. Existen diferentes modelos constructivos de túneles, dentro de los cuales se pueden mencionar túneles en roca excavados con uso de explosivos, túneles en rocas excavados mecánicamente, túneles urbanos excavados en suelos, túneles inmersos, piques cavernas y otras obras subterráneas (Ministerio de Obras Públicas, 2023).

Para realizar la construcción de un túnel es necesario realizar un estudio previo y estudios de factibilidad como un informe de mecánica de suelos, el que aporta información respecto al terreno y su composición permitiendo así la elección del método constructivo más apropiado para garantizar principalmente que el terreno no ceda y que la excavación no tenga mayores problemas y derrumbes en el futuro (Ministerio de Obras Públicas, 2023).

Se destaca el modelo constructivo que realiza excavados en suelo abierto o túnel falso, en el cual, llegando a una cota especificada, se procede a realizar un emplantillado para luego asentar módulos prefabricados de hormigón. Estos módulos pasan a conformar la estructura del túnel y sobre la cual posteriormente se aplicará el relleno de excavación y posterior reposición de la vía, así como se puede apreciar en la imagen N°9. La implementación de este método entrega mayores beneficios respecto a los tiempos constructivos, ya que se consideran de baja complejidad en su construcción (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, s.f.).

Imagen 10: Módulos prefabricados de hormigón.



Fuente: Productos prefabricados para conducción, Recuperado de <https://www.aquainfraestructura.com/cajones-prefabricados>.

Respecto a las ventajas de un túnel peatonal se puede mencionar: la disminución del riesgo de accidentalidad vial, nuevas tecnologías en la construcción que permite no obstruir la circulación vehicular por la vía a cruzar; otorgar mayor seguridad al cruzar la carretera o calle por debajo del tránsito de vehículos; menor exposición a la intemperie; menor impacto visual negativo y, por tanto, menores afectaciones urbanísticas desfavorables (Urazán et al., 2013).

En cuanto a las desventajas de un túnel peatonal: desconfianza e inseguridad del peatón ante un posible atraco, evitar su uso ante la presencia de muchos escalones que subir o bajar y la mayor facilidad que representaría realizar el cruce a nivel, la susceptibilidad a inundaciones y riesgo de volverse inutilizables si no se les da mantenimiento rutinario (Urazán et al., 2013).

CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS DE LA ZONA A EMPLAZAR EL PROYECTO

2. Características geográfica y climática de la zona.

La zona donde se encuentra emplazado el aserradero es en un cerro con vegetación forestal (ver imagen N°11) que, con el pasar del tiempo, siempre va cambiando, ya sea por nuevas plantaciones, tala de árboles, etc. Además de la vía de alta velocidad a la que esta contigua a la empresa, al no haber pueblos aledaños cercanos a la zona, no es posible modificar el límite de velocidad para que sea inferior a 60 kilómetros por hora y así instalar un paso de cebra, según los requerimientos indicados en el Manual de Señalización de Tránsito.

Imagen 11: Ubicación del lugar de emplazamiento.

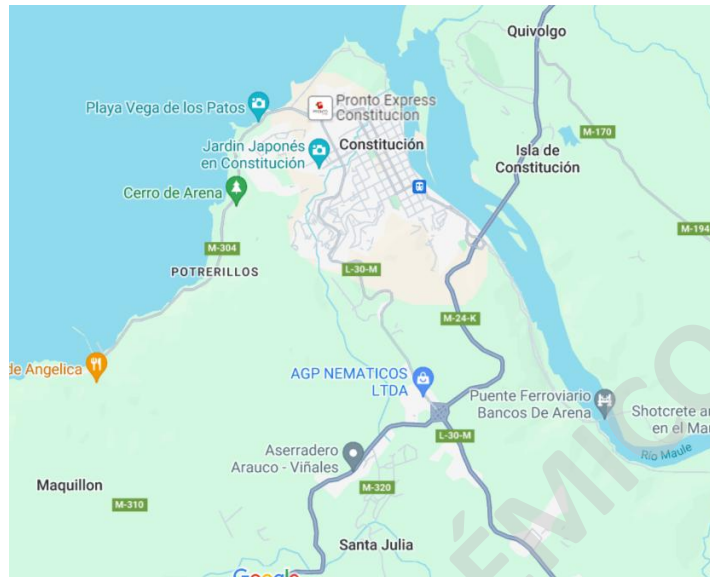


Fuente: Google Maps.

El aserradero se encuentra cercano a Constitución, una ciudad de la Séptima Región de Chile, que se cuenta con un clima templado. La condición que caracteriza al clima templado de tipo mediterráneo, con diferencias en sentido norte-sur, es una estación seca de seis meses en el norte, a cuatro meses en el sur (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f.). Además, la temperatura media es de 19° C y con extremas de 30° C, durante el período de verano; en cambio en invierno las temperaturas mínimas medias son de 7° C.

Asimismo, la Séptima Región presenta las siguientes unidades de relieve; Cordillera de los Andes, depresión intermedia; Cordillera de la Costa y planicies litorales (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f.). Al ser una zona costera, como se puede apreciar en la imagen N°12, casi siempre hay niebla a primera hora del día, por lo que no permite la visibilidad óptima. Esto genera un problema en las vías de altas velocidades, ya que cualquier desconcentración puede causar un accidente. A lo anterior, se debe considerar las fuertes lluvias que pueden mantenerse por horas, lo que genera una condición perfecta para ocasionar colisiones, o accidentes a peatones.

Imagen 12: Mapa ciudad de Constitución.



Fuente: Google Maps.

CAPÍTULO 3: ELECCIÓN DE PASO PEATONAL SEGÚN ANTECEDENTES GEOGRÁFICOS, CLIMÁTICOS Y DURABILIDAD EN BASE EL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO

Para finalizar el análisis y discusión del por qué elegir una pasarela o paso peatonal bajo nivel en la zona indicada por sobre las otras opciones peatonales descritas en el manual en sus criterios de instalación específica lo siguiente:

- Con la excepción de los pasos a desnivel, las demás facilidades peatonales referidas en este Manual tienen aplicación **sólo en vías convencionales** (CONASET, 2012). El documento continúa considerando que, por definición, en una vía no convencional, además de las altas velocidades, no puede haber interrupciones al flujo vehicular. En consecuencia, en el evento de requerirse una facilidad peatonal en una vía de esta naturaleza, **la única alternativa posible que garantiza condiciones de seguridad es el paso peatonal a desnivel**.
- Dado que cada facilidad presenta ventajas y desventajas, la determinación de aquélla que resulte más apropiada debe responder a criterios técnicos: grado de conflicto entre los flujos peatonales y vehiculares y/o ancho de la calzada.

Consideraciones en cuanto a los tipos de vías señala lo siguiente:

- Las islas peatonales y los **Pasos Cebra** deben ubicarse **sólo en vías donde la velocidad de operación sea igual o inferior a 50 km/h**. Los Pasos Peatonales

Regulados por Semáforo pueden ubicarse tanto en éstas como en vías convencionales donde se registren velocidades de operación superiores.

- **Los Pasos Peatonales a Desnivel deben proveerse en autopistas y autovías. También pueden ser convenientes en vías convencionales con elevados flujos vehiculares y/o velocidades altas de circulación.**

3. Comparación de pasos peatonales disponibles según manual

Realizando una comparación en base a las ventajas y desventajas de pasarelas peatonales sobre nivel y pasarelas bajo nivel investigadas en el documento las características geográficas, climáticas que hay en la zona y en efecto de durabilidad según lo citado.

Las principales ventajas de las **pasarelas peatonales sobre nivel** detalladas en el documento son:

- **Seguridad peatonal:** Disminuye el riesgo de accidentes ya que separa a los peatones del flujo vehicular, reduciendo así las posibilidades de colisiones y atropellos.
- **Circulación ininterrumpida de vehículos:** al estar sobre la vía no interfiere al tránsito de automóviles y esto genera que la vía sea expedita todo el tiempo.
- **Separación del conflicto:** Al separar de forma efectiva el cruce peatonal y la vía donde circulan los vehículos se constituye en la zona un entorno más seguro y armonioso.

Y las principales desventajas de las **pasarelas peatonales sobre nivel** que se detallan en el documento son:

- **Choques que provocan daños a la estructura:** como es conocido las pasarelas estarán al costado de la vía por donde transitan conductores irresponsables que pueden colisionar con las bases de las pasarelas o camiones pueden afectar las vigas de prefabricadas de hormigón afectando directamente su funcionamiento incluso dejándolas completamente inoperativas como se muestra en la imagen N°9.
- **Material expuesto a condiciones desfavorables:** Las pasarelas al estar expuestas a condiciones climáticas de zona costera como lo es la ciudad de constitución el acero con el cual se construyen las pasarelas peatonales sobre nivel se podría oxidar y corroer afectando sus principales propiedades como dureza y durabilidad del metal.
- **Representan cierto grado de dificultad para ser utilizadas por personas en situación de discapacidad:** En ciertas pasarelas las rampas no están con libre acceso para las personas con movilidad reducida, ya que las interfieren barreras camineras, desniveles y un sinnúmero de otras dificultades dependiendo de la zona en la cual se emplazan, que los hace buscar formas no convencionales para cruzar la vía.

Las principales ventajas de las **pasarelas peatonales bajo nivel (soterradas)** detalladas en el documento son:

- **Seguridad peatonal:** Al igual que el paso sobre nivel, disminuye el riesgo de accidentes ya que separa a los peatones del flujo vehicular, reduciendo así las posibilidades de colisiones y atropellos.
- **Nuevas tecnologías en la construcción:** al tener que cruzar tramos cortos y al no necesitar una profundidad importante para el paso peatonal se podrá innovar para realizar la ejecución del túnel peatonal.
- **Menor exposición a la intemperie:** este es una ventaja relevante ya que la zona en cuestión donde se planificará el paso tiene una condición geografía y climática que afectaría los materiales con acero ya sea por la zona costera, las lluvias y la humedad del ambiente. Y el túnel al ser bajo tierra no se verá afectado a estas condiciones por ende no se deteriorará por lo expuesto anteriormente.
- **Menor exposición a colisiones en la vía:** al estar bajo tierra los vehículos tienen más despejado el camino por ende difícilmente podrían colisionar afectando la estructura del paso peatonal bajo nivel
- **Impacto visual:** El impacto visual al igual que el riesgo a colisiones disminuye considerablemente al ser bajo nivel.

Y las principales desventajas de las **pasarelas peatonales bajo nivel (soterradas)** que se detallan en el documento son:

- **Inseguridad por posibles asaltos:** Al ser un paso bajo nivel y tener un ambiente cerrado se propicia para que delincuentes lo utilicen para asaltar a los ocupantes del paso peatonal.
- **Vulnerabilidad a inundaciones:** Si no se realiza un buen desagüe del túnel con recolección de aguas lluvias este podría inundarse dejándolo inoperativo.
- **Demasiadas escaleras:** Si el peatón visualiza una gran cantidad de escalones por bajar o subir, buscara formas no convencionales para cruzar la vía.

3.1. Elección en base a la comparación anterior

Según lo detallado en la comparación anterior ambos pasos peatonales cumplirán la misma función, la cual es que los peatones crucen la vía de manera segura reduciendo los riesgos en el lugar.

Considerando las ventajas de los pasos mencionados en el punto anterior, es decir, las características geográficas, condiciones climáticas e impacto visual al lugar en cuestión **se optará por un paso peatonal bajo nivel**, para resolver la problemática del cruce que hay en la zona mencionada en el documento.

Y como medida complementaria se destinará un estacionamiento para los vehículos, este será para que no se estacionen en la berma ni faja fiscal de la carretera. Este espacio se dejará operativo para que en invierno los autos no se entierren por las lluvias, puesto que el material que hay en el sector destinado es altamente resbaloso con la lluvia.

Por otro lado, se desiste de hacer una pasarela metálica, ya que por la zona en donde se emplaza el proyecto hay vegetación forestal y esta es propensa a ser un foco incendiario

que podría afectar y dejar inutilizable la pasarela, incumpliendo su función de otorgar un paso seguro para los ocupantes de esta, además de estar expuesta a recibir impactos de colisión de vehículos menores y camiones con carga forestal, puesto que mayoritariamente estos últimos son quienes utilizan más la carretera. Por último, es importante considerar que la pasarela estaría expuesta a las condiciones del clima como la intemperie y lluvia, deteriorando la calidad con el pasar del tiempo por corrosión.

CAPÍTULO 4: PLANIFICACION DE PASO PEATONAL SOTERRADO

4. Planificación de construcción en base a evaluación técnica y comparación entre pasos peatonales

La planificación de las obras se hará de acuerdo con el Manual de Carreteras volumen 4, 5 y 6, además del Manual de Accesibilidad Universal.

4.1. Obras previas

4.1.1. Informe de obras previas

Se debe sacar el certificado de informaciones previas para tener datos del sector, como el número de rol del terreno, la ubicación de este y el detalle de las condiciones urbanísticas aplicables.

4.1.2. Informe de mecánica de suelos

Como señala Pinedo (2019), se debe realizar un informe de mecánica de suelos para conocer las propiedades físicas y mecánicas de este, y su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo componen en profundidad.

4.1.3. Informe de resolución del MOP

Antes de realizar cualquier trabajo en la carretera que es propiedad del estado de Chile, se deberá tener el informe de resolución del Ministerio de Obras Públicas, esto para la aprobación del corte de carretera. Con esta resolución podemos mandar los informes a Carabineros y al Seremi de Transporte avisando el corte de la carretera.

4.1.4. Replanteo de obra

Previo a la realización de cualquier trabajo, se deberán replantear todas las obras mediante un topógrafo con estación total. Se tomarán como base los Puntos de Referencia (PR) entregados en los planos.

4.1.5. Desvío Ruta M-50

Se deberá presentar antes del inicio de faenas, un Plan de Señalización y de Medidas de Seguridad de acuerdo con lo establecido en la sección “Consideraciones de Seguridad Vial en Obra” del Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad. Este plan debe ser aprobado por la Inspección Fiscal. De acuerdo con el punto 2.8 del D.S. 90 del 30 de agosto del 2002, correspondiente al capítulo 5 del Manual de Señalización de Tránsito del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Cabe mencionar que se debe tener ejecutado el desvío antes de comenzar con el cierre de la carretera para no entorpecer el tránsito de los vehículos que transiten por esta.

El material de relleno para la ejecución del desvío deberá cumplir con los requisitos pertinentes de calidad y graduación, según lo establecido en el tópico 5.302.201 del MC-V5, para bases granulares de graduación cerrada y poder de soporte CBR igual o mayor a 90% al 95% de la DMCS, según método descrito en 8.102.7 del MC-V8.

4.1.6. Instalación de faena y cierre perimetral

Se deberá realizar la construcción de faenas provisionarias que se implementarán para la realización de la obra y su posterior desarme. Esta faena se tendrá que realizar cerca de la obra. El lugar definitivo puede ser consensuado con el inspector o mandante de la obra. La conexión eléctrica debe ser realizada por la empresa constructora, además de cumplir con todas las exigencias que obliga la ley como agua potable, baños, duchas, bodega para materiales y herramientas, etc.

Además, deberá tener oficinas para el residente, personal de control y topografía, y para controles de laboratorios debe ser un externo que tenga aprobación de la dirección de vialidad del MOP.

4.1.7. Trazado de corte faja fiscal

Se trazará el paño de pavimento a cortar según lo aprobado por la inspección fiscal.

4.1.8. Corte faja fiscal

Se demolerá la calzada de actual de la carretera para permitir la construcción del túnel peatonal. Se ejecutará de acuerdo con lo indicado en el ítem 5.101.304 del MC-V5 en esta especificación y demás documentos del proyecto, en coordinación con la inspección fiscal, para este trabajo se utilizará un disco de corte diamantado.

Si una estructura parcialmente demolida está destinada a formar parte de una obra nueva, la superficie de contacto entre ambas deberá terminarse en la forma más regular posible, debiendo tratarse, además, como junta de hormigonado, según se especifica en la Sección 5.501, Hormigones.

4.2. Movimiento de tierras

4.2.1. Excavación para cajones prefabricados

En esta partida se refiere a una excavación de corte en el terreno de cualquier naturaleza en conformidad con lo dispuesto en el capítulo 5.200 MOVIMIENTO DE TIERRAS y se efectuará según los tópicos 5.201 y 5.202 del Manual de Carreteras volumen 5 (Ministerio de Obras Públicas, 2010). Se realizará la excavación para dar cabida al túnel peatonal, se considerará un sobre ancho de 1 metro hacia cada lado y taludes 1:1, la profundidad de la excavación será hasta alcanzar la cota de un metro bajo el sello de fundación.

4.2.2. Relleno y compactación bajo cajones

Los rellenos se realizarán por capas sueltas no mayores a 20 cm, a no ser que la empresa adjudicada demuestre que con sus equipos puede alcanzar la densidad mínima especificada en capas de mayor espesor, lo cual deberá ser verificado por el inspector fiscal. Se deberán compactar hasta alcanzar un nivel de compactación de 95% de la densidad máxima compactada seca determinada según el método señalado en 8.102.7 de M.C-V8 (LNV 95) o el 80% de la densidad relativa determinada según el método señalado en 8.102.8 de M.C-V8 (LNV 98) (Ministerio de Obras Públicas, 2010).

Se solicitarán mínimo 4 muestras de laboratorio para corroborar que la densidad corresponde con lo solicitado.

El material por utilizar será un relleno estructural que cumpla con la tabla 5.206.2.B del MC-V5, indicada en la Tabla N°3 a continuación:

Tabla 3: Requisitos de los materiales para rellenos.

TABLA 5.206.2.B
REQUISITOS DE LOS MATERIALES PARA
RELLENOS ESTRUCTURALES EN ZANJAS

TAMICES		RELLENO ESTRUCTURAL
(mm)	(ASTM)	
50	(2")	100
5	(N° 4)	35 - 100
0,08	(N° 200)	0 - 20
I.P.(*)		3 - 6

(*) Indice de Plasticidad determinado según el Método descrito en 8.102.4 del M.C.-V.8 (LNV 90)

Fuente: Manual de carreteras volumen N°5

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

4.3. Obra gruesa

4.3.1. Emplantillado para cajones

El emplantillado se refiere a la confección y colocación de hormigón de emplantillado G10 de 15 cm de espesor para recibir los cajones prefabricados del túnel, deberá mantener las pendientes y horizontalidad, no aceptándose desviaciones mayores a 4mm en 1m, si no cumple se deberá demoler y rehacer. El ancho del emplantillado deberá sobrepasar en 30 cm la parte externa de los futuros muros. Se ejecutará conforme a la sección 5.501 HORMIGONES del MC-V5 (Ministerio de Obras Públicas, 2010), como se puede ver en la tabla N°4.

Tabla 4: Resistencia cubica del hormigón.

Se distinguirán los siguientes grados de hormigón estructural de acuerdo a lo definido en NCh 170 y cuyo uso sea necesario en el Proyecto:

TABLA 5.501.302.B
RESISTENCIA CUBICA DE HORMIGON

RESISTENCIA CUBICA DE 200 mm a 28 Días	
GRADO DEL HORMIGON	RESISTENCIA CUBICA A LA COMPRESION ESPECIFICADA (MPa) f_c
H - 5	(*)
H - 10	(*)
H - 15	15
H - 20	20
H - 25	25
H - 30	30
H - 35	35
H - 40	40
H - 45	45
H - 50	50
H - 55	55
H - 60	60

(*) Los hormigones H-5 y H-10, u hormigones pobres que se emplean en obras menores, no serán especificados por resistencias, ni estarán afectos a multas. Se fabricarán cumpliendo con las dosis mínimas de cemento siguientes:

- Hormigón H-5: 170 Kilogramos de Cemento por Metro Cúbico.
- Hormigón H-10: 225 kilogramos de Cemento por Metro Cúbico.

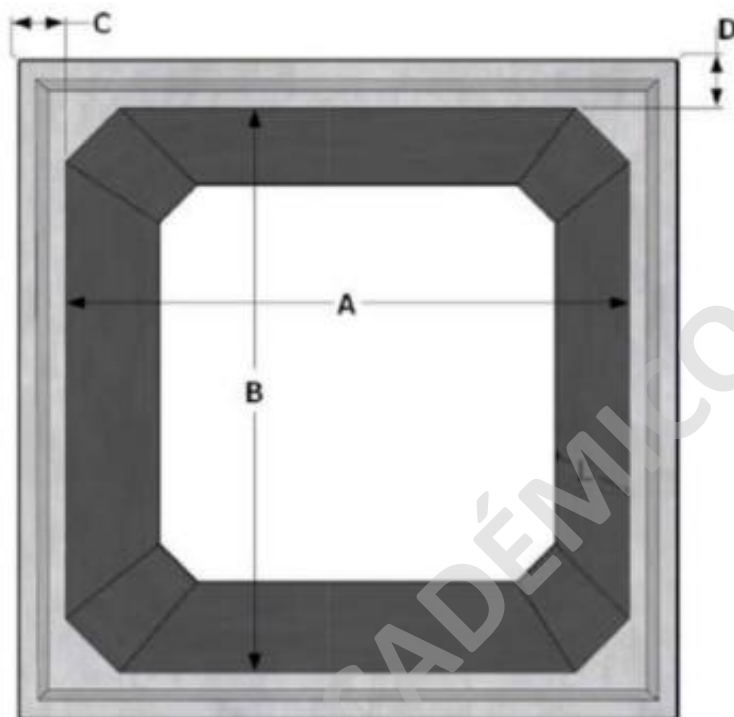
Fuente: Manual de Carreteras volumen N°5

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

4.3.2. Colocación de cajones

Los módulos de hormigón armado (como se muestra en la imagen N°12) a utilizar para el túnel tendrán 3 m de ancho por 2,5 m de altura libres. Las paredes tienen 25 cm de espesor. Su longitud será de 1,0 m precisándose 15 módulos para lograr la longitud especificada del túnel. Los túneles deberán ser cotizados a empresas que se encuentren certificados por vialidad, estos deben cumplir y ajustarse a la Norma NCH 184 parte 3 (ASTM C1433).

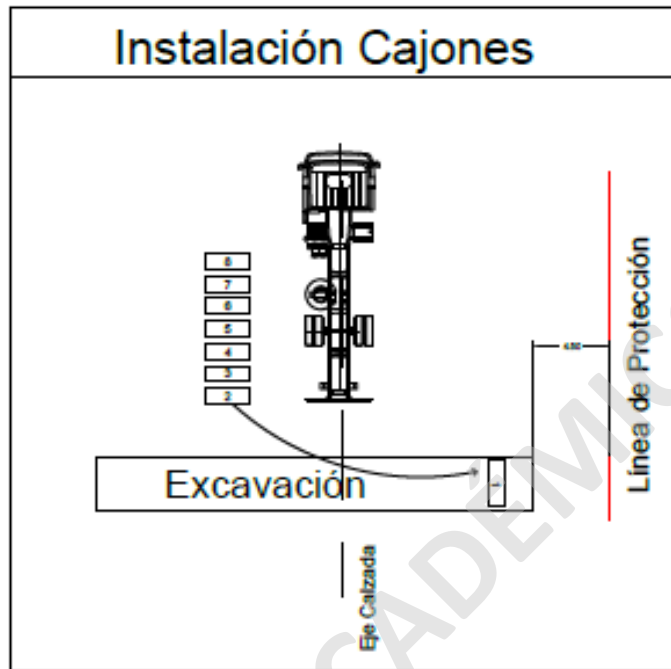
Imagen 13: Modulo prefabricado de hormigón armado.



Fuente: <https://hormibal.cl/sitio/product/cajon-terraplen-0-6-3-0/>

Antes de colocar los cajones prefabricados sobre el emplantillado estos deberán ser revisados por el inspector de vialidad para verificar que no tengan algún daño en su parte de acople el cual pueda afectar en un futuro. La colocación de los módulos prefabricados será con una grúa u otra maquinaria que permita su desplazamiento y acepte su peso que es de 7.740 kg aproximadamente. Para una mejor visualización, revisar imagen N° 14.

Imagen 14: Colocación de cajones.



Fuente: Elaboración propia.

Estos módulos prefabricados se colocarán desde el punto más desfavorable que es la pendiente máxima que tendrá el túnel hacia arriba, estos deberán ser colocados en el emplantillado ya trazado en donde va cada uno de los 15 cajones. Para sellar dos cajones se utilizará sello butílico.

4.3.3. Relleno y compactación para muros

Los rellenos se realizarán por capas sueltas no mayores a 20 cm, a no ser que la empresa adjudicada demuestre que con sus equipos puede alcanzar la densidad mínima especificada en capas de mayor espesor, lo cual deberá ser verificado por el inspector fiscal. Estos se deberán compactar hasta alcanzar un nivel de compactación de 95% de la densidad máxima compactada seca determinada según el método señalado en 8.102.7 de M.C-V8 (LNV 95) o el 80% de la densidad relativa determinada según el método señalado en 8.102.8 de M.C-V8 (LNV 98) (Ministerio de Obras Públicas, p. 155, 2010). Lo anterior se puede evidenciar en la tabla N°5 más abajo.

Se solicitarán mínimo 4 muestras de laboratorio para corroborar que la densidad corresponde con lo solicitado. Por otra parte, el material por utilizar será un relleno estructural que cumpla con la tabla 5.206.2.B del MC-V5.

Tabla 5: Requisitos de los materiales para rellenos.

TABLA 5.206.2.B
REQUISITOS DE LOS MATERIALES PARA
RELLENOS ESTRUCTURALES EN ZANJAS

TAMICES		RELLENO ESTRUCTURAL
(mm)	(ASTM)	
50	(2")	100
5	(Nº 4)	35 - 100
0,08	(Nº 200)	0 - 20
I.P. (*)		3 - 6

(*) Indice de Plasticidad determinado según el Método descrito en 8.102.4 del M.C.-V.8 (LNV 90)

Fuente: Manual de carreteras volumen N°5

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

4.3.4. Trazado y niveles de muros

Se deberá trazar la ubicación de cada muro de contención que se realizará. Su altura será de acuerdo con los planos del proyecto.

4.3.5. Emplantillado para muros

El emplantillado de hormigón para muros tendrá un mínimo de 5 cm de espesor y la resistencia requerida será de G10, el ancho del emplantillado deberá sobrepasar 5 cm la pared exterior del muro y deberá ser una superficie perfectamente nivelada.

4.3.6. Enfierradura muros

La confección de los muros de hormigón será de acuerdo con las dimensiones de los planos y a las láminas del Manual de Carretera volumen 4, definidos en las láminas 4.401.101 (imagen N°14) y 4.401.102 (imagen N°15).

Los aceros por utilizar para elaborar la enfierradura serán A63-42H, y se deberán colorar separadores de 2,5 cm para el recubrimiento, se recomiendan colocar calugas de cemento ya que las plásticas ceden al apretar los moldajes y estas no cumple su función. Las uniones entre barras serán con alambre N°18 y el empalme mínimo será 40 veces el diámetro de la barra a traslapar según MC-V4. (Ministerio de Obras Públicas, p. 327, 2018). Para hormigonar el inspector deberá certificar el recibo de la enfierradura.

4.3.7. Moldajes de muros

Se podrán emplear moldajes tanto de madera como metálicos, el hormigón que queda hacia dentro de las escaleras quedará a la vista en bruto, por lo que debe asegurar una correcta ejecución del moldaje. La elección del tipo de moldaje a ocupar será de la empresa que se adjudique el túnel.

Los moldajes de madera deberán asegurar rigidez y por el lado de la terminación llevarán placa terciada de 15 mm. Estos deberán pasarle un rodillo con liquido desmoldante para que no queden incrustados junto con el hormigón.

Los moldajes deben quedar perfectamente alineados y firmes para que en el proceso de hormigonado y vibrado del hormigón no cedan o deformen. Para esto se recomienda colocar pino bruto de 4x4 en forma horizontal y alzaprimas. Además, para aguantar la carga del hormigón en los muros se recomienda reforzar al tercio del moldaje donde es la parte más crítica y por donde más se ceden los moldajes.

El desmolde de los muros se realizada de acuerdo con la NCH170 capítulo 13 DESMOLDES Y DESCIMBRES:

- El retiro de los moldajes debe realizarse sin producir sacudidas, choques ni destrucción de aristas, esquinas o la superficie del hormigón.
- En general el descimbre dependerá de la resistencia que tenga el hormigón y de las características estructurales.

Los plazos de desmolde serán de acuerdo con la tabla 14 de la NCH170, correspondiente a la tabla N°6 a continuación.

Tabla 6: Requisitos de los materiales.

Tabla 14 - Plazos mínimos para desmolde y descimbre en casos corrientes, días

Moldajes	Cemento grado	
	Corriente	Alta resistencia
Costados de muros, vigas o elementos no solicitados	2	1
Costados de pilares o elementos solicitados por peso propio o cargas externas	5	3
Fondos, cimbras, puntales y arriostramientos de vigas y losas siempre que no estén cargados	16	10

Fuente: NCH170 <https://www.cesmec.cl/medios/DIC/normas/NCh170Of85.pdf>

4.3.8. Hormigonado de muros

El hormigón que se empleará será un G-25. El cono se definirá en la obra, dependiendo de la profundidad del muro a hormigonar, este deberá ser premezclado y certificado.

El vibrado se deberá de realizar de manera cuidadosa y por personal de la obra capacitado que sepa manejar vibradores de hormigón. Para asegurarse que el vibrado de hormigón no tenga percance deberá haber 2 vibradores en la obra para tener siempre uno de repuesto.

El hormigonado no deberá ser a alturas superiores de 1 metro, si se supera el metro se deberá utilizar mangas. Además, se pedirán muestras de laboratorio para cada hormigonado de etapa de los muros.

El hormigonado de muros será por etapas dependiendo de la altura del muro, al ser por etapas se deberá realizar una junta de hormigón envejecido como lo indica el MC-V5 en el punto 5.501.312, una junta de hormigón envejecido se realizará cuando se une el nuevo hormigón con una capa de hormigón de edad superior a 12 horas de colocación o de 24 horas cuando se ha trabajado con un aditivo retardador de fraguado (Ministerio de Obras Públicas, 2010).

De acuerdo con la Norma Chilena Oficial NCh170 (2010), la superficie de unión del hormigón deberá prepararse de la siguiente manera:

- Picar la capa superficial endurecida y si fuera necesario, completar el tratamiento con chorro de arena a presión
- Lavar con chorro de agua a presión y mantener saturada la superficie de contacto durante 24 horas, suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se reinicie el hormigonado

También se podrán utilizar el tratamiento de juntas con resinas epóxicas, según lo detallado en el Manual de Carreteras:

- Dar el tratamiento de preparación, de limpieza y lavado de la junta según 5.501.312(1) o 5.501.312(2).

Recubrir con algún puente de adherencia epóxico, siguiendo las recomendaciones del fabricante e instrucciones del inspector fiscal (Ministerio de Obras Públicas, 2010).

4.3.9. Colocación de impermeabilizante a muros

Luego del desmolde de los muros se les colocará una capa de Igol premier (ver imagen N°16) para proteger los muros, es útil para la protección de metales en general, especialmente en contacto con el agua y sales marinas, también mejora el tratamiento de impermeabilización con Igol Denso (Sika Chile, s.f.). Luego del igol premier se le colocará una capa de Igol Denso para mejorar sustancialmente la impermeabilidad de los muros, además de proteger el hormigón armado de la filtración del agua.

Imagen 17: Imagen referencial a la ocupación del producto.



Fuente: Sika

4.3.10. Relleno y compactación caja de escalas

Los rellenos se realizarán por capas sueltas no mayores a 20 cm, a no ser que la empresa adjudicada demuestre que con sus equipos puede alcanzar la densidad mínima especificada, en capas de mayor espesor deberá ser verificado por el inspector fiscal. se deberán compactar hasta alcanzar un nivel de compactación de 95% de la densidad máxima compactada seca determinada según el método señalado en 8.102.7 de M.C-V8 (LNV 95) o el 80% de la densidad relativa determinada según el método señalado en 8.102.8 de M.C-V8 (LNV 98) (Ministerio de Obras Públicas, p. 155, 2010). Lo anterior se puede evidenciar en la tabla n°4 expuesta más arriba.

Se solicitarán mínimo 4 muestras de laboratorio para corroborar que la densidad corresponde con lo solicitado. El material por utilizar será un relleno estructural que cumpla con la tabla 5.206.2.B del MC-V5.

4.3.11. Emplantillado caja escala

Se refiere a la confección y colocación de hormigón de emplantillado G10 de 15 cm de espesor (como se muestra en la tabla N°7). Para recibir la enfierradura de la caja escala del túnel, deberá mantener las pendientes y horizontalidad, no aceptándose desviaciones mayores a 5mm en 1m, si no cumple se deberá demoler y rehacer. El ancho del emplantillado deberá sobrepasar en 30 cm la parte externa de los futuros muros. Se ejecutará conforme a la sección 5.501 HORMIGONES del MC-V5.

Tabla 7: Tabla de calidad del hormigón.

TABLA DE EQUIVALENCIAS - CALIDADES DE HORMIGÓN			
Nueva clasificación NCh 170:2016		Anterior Clasificación NCh 170 of.85	
Grado	f' c kg/cm ²	Grado	f' c kg/cm ²
G-05	50	H-05	40
G-10	100	H-10	80
G-15	150	H-15	120
G-17	170	H-20	160
G-20	200	H-25	200
G-25	250	H-30	250
G-30	300	H-35	300
G-35	350	H-40	350
G-40	400	H-45	400
G-45	450	H-50	450
G-50	500		
G-55	550		
G-60	600		

Fuente: ChileCubica ... 04/03/22

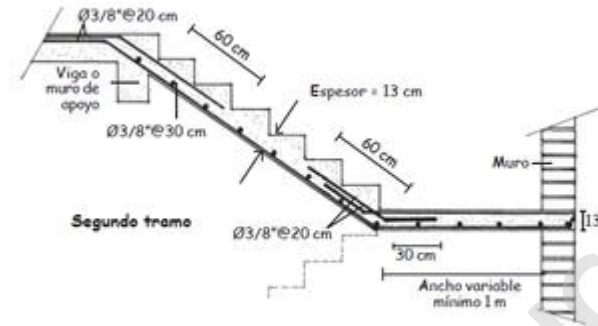
Fuente: <https://www.chilecubica.com/estudio-costos/dosificaciones-de-hormigones-y-morteros/>

4.3.12. Enfierradura caja escala

Los aceros por utilizar para elaborar la enfierradura serán A63-42H, y se deberán colocar separadores de 2,5 cm. Para el recubrimiento se recomiendan colocar calugas de cemento, ya que las plásticas ceden al apretar los moldajes, por lo que no cumplen su función. Los fierros serán acorde a los planos de detalle de las escaleras (ver imagen N°17 como referencia).

Los fierros serán traspasados a los muros de contención para darle más firmeza a la escalera, se perforará y se introducirá el fierro con un adhesivo epóxico estructural como el sikadur 32°. Las uniones entre barras serán con alambre N°18 y el empalme mínimo será 40 diámetros de la barra a traslapar según MC-V4 (Ministerio de Obras Públicas, 2018). Para hormigonar el inspector deberá certificar que recibió la enfierradura.

Imagen 18: Ejemplo de escalera tipo.



Fuente: El maestro de casas

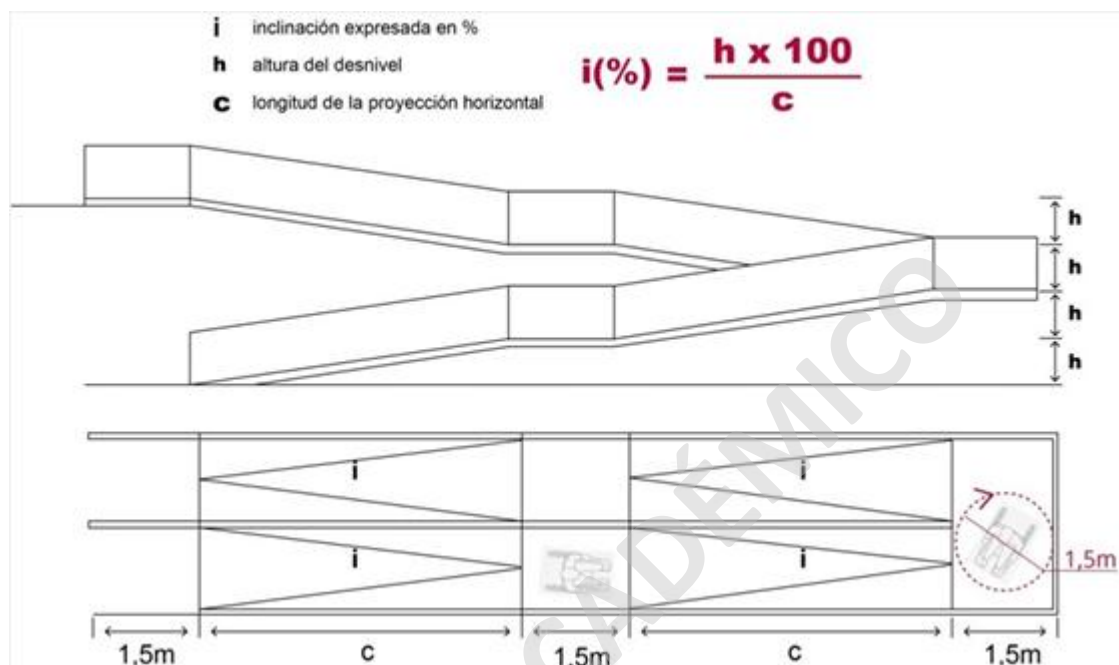
Fuente: <https://www.chilecubica.com/construcciones-en/escaleras/>

4.3.13. Rampa universal de acceso

La entrada al túnel deberá tener una rampa universal de acceso para personas con discapacidad que deban cruzar la carretera por el paso bajo nivel. Esta deberá cumplir con todas las normas de accesibilidad universal dispuestas en la OGUC 4.1.7, algunas son las siguientes:

- Las rampas antideslizantes o planos inclinados, su ancho deberá corresponder a la vía de evacuación que enfrenta o de la que es parte, debiendo comenzar y finalizar su recorrido en un plano horizontal del mismo ancho y de 1.50 metros de largo como mínimo.
- La pendiente de la rampa será de un 8 %, pudiendo llegar con esta a 9 metros de largo. Para un largo de 1.5 metros la pendiente ira aumentando hasta alcanzar un 12% como máximo.
- En caso de que la rampa supere los 9 metros de longitud, deberá fraccionarse en tramos de similar longitud preferentemente, en los que se intercalaran descansos con una longitud mínima de 1.5 metros y su ancho será el de la respectiva rampa.
- Los cambios de dirección de la rampa deberán proyectarse en el descanso, con una superficie libre que permita circunscribir un círculo de un diámetro mínimo de 1.50 metros que garantice un giro en 360° de una persona en silla de ruedas.

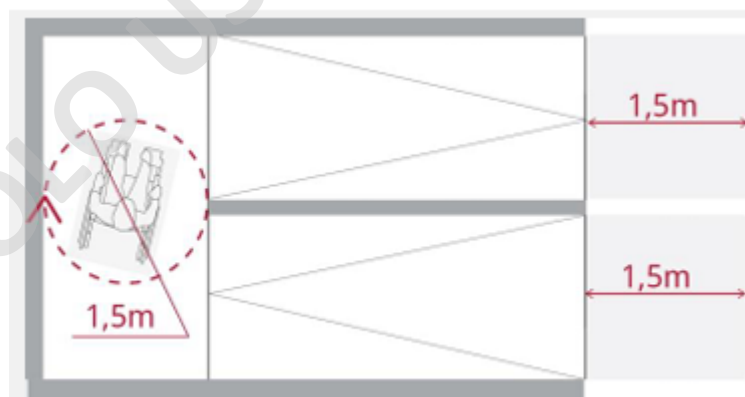
Imagen 19: Diagrama de rampa.



Fuente: Normas de accesibilidad universal

<https://cdn.plataformaurbana.cl/wp-content/uploads/2017/02/si%CC%81ntesis-dibujada-y-comentada-resumen-normas-de-accesibilidad-oguc-2017.pdf>

Imagen 20: Cambio de dirección de rampa.



Fuente: Normas de accesibilidad universal

<https://cdn.plataformaurbana.cl/wp-content/uploads/2017/02/si%CC%81ntesis-dibujada-y-comentada-resumen-normas-de-accesibilidad-oguc-2017.pdf>

4.3.14. Enfierradura de rampa de acceso universal

Los aceros por utilizar para elaborar la enfierradura serán A63-42H, y se deberán colocar separadores de 2,5 cm. Para el recubrimiento se recomiendan colocar calugas de cemento ya que las plásticas ceden al apretar los moldajes y estas no cumple su función. Los fierros serán acorde a los planos de detalle de losa.

Los fierros serán traspasados a los muros de contención para darle más firmeza a la escalera, se perforará y se introducirá el fierro con un adhesivo epóxico estructural como el Sikadur 32°o similar.

Las uniones entre barras serán con alambre N°18 y el empalme mínimo será 40 diámetros de la barra a traslapar según MC-V4.

Para hormigonar el inspector deberá certificar el recibo de la enfierradura.

4.3.15. Hormigón rampa de acceso universal

El hormigón que se empleará será un G-25, el cono se definirá en la obra, dependiendo de la etapa a hormigonar, este deberá ser premezclado y certificado. Se solicitará una muestra de laboratorio para las rampas del túnel. El vibrado se deberá de realizar de manera cuidadosa y por personal de la obra capacitado que sepa manejar vibradores de hormigón. Para asegurarse que el vibrado de hormigón no tenga percance deberá haber 2 vibradores en la obra para tener siempre uno de repuesto.

La superficie de unión del hormigón deberá prepararse de la siguiente manera:

- Picar la capa superficial endurecida y, si fuera necesario, completar el tratamiento con chorro de arena a presión;
- Lavar con chorro de agua a presión y mantener saturada la superficie de contacto durante 24 horas, suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se reinicie el hormigonado.

También se podrán utilizar, de acuerdo con el Manual de Carreteras (2010), el tratamiento de juntas con resinas epóxicas:

Dar el tratamiento de preparación, de limpieza y lavado de la junta según 5.501.312(1) o 5.501.312(2).

Recubrir con algún puente de adherencia epóxico, siguiendo las recomendaciones del fabricante e instrucciones del inspector fiscal.

4.3.16. Enfierradura losa inferior

Los aceros por utilizar para elaborar la enfierradura serán A63-42H, y se deberán colocar separadores de 2,5 cm. Para el recubrimiento se recomiendan colocar calugas de cemento, ya que las plásticas ceden al apretar los moldajes, de manera que no cumplen su función. Los fierros serán acorde a los planos de detalle de losa.

Los fierros serán traspasados a los muros de contención para darle más firmeza a la escalera, se perforará y se introducirá el fierro con un adhesivo epóxico estructural.

Las uniones entre barras serán con alambre N°18 y el empalme mínimo será 40 diámetros de la barra a traslapar según MC-V4.

Para hormigonar el inspector deberá certificar el recibo de la enfierradura.

4.3.17. Colocación cámaras de aguas lluvias

Se confeccionará una cámara de agua lluvia, la cual será de una medida de 1x1 metro. La función de estas cámaras será recolectar el agua que ingrese, por algún motivo, al paso peatonal soterrado y será sacada posteriormente mediante bombas fuera del túnel, o bien se realizará una salida mediante tuberías de HDPE afuera del terreno previo a coordinación y aprobación del mandate de la obra.

Los aceros por utilizar para elaborar la enfierradura serán A63-42H, y se deberán colorar separadores de 2,5 cm para el recubrimiento se recomiendan colocar calugas de cemento ya que las plásticas ceden al apretar los moldajes y estas no cumple su función. Los fierros serán acorde a los planos de detalle de losa.

4.3.18. Moldaje cámara agua lluvia

Para el moldaje de la cámara de agua lluvia se hará un cajón de 90 x 90 para que este caiga dentro de la enfierradura, dejando 10 cm libres para la colocación de la tapa de esta. Se podrán emplear moldajes de madera.

4.3.19. Moldaje caja escala

Se podrán emplear moldajes tanto de madera como metálicos, el hormigón que queda hacia dentro de las escaleras quedará a la vista en bruto, por lo que debe asegurar una correcta ejecución del moldaje. La elección del tipo de moldaje a ocupar será de la empresa que se adjudique el túnel.

Los moldajes de madera deberán asegurar rigidez y por el lado de la terminación llevarán placa terciada de 15 mm, estos deberán pasarle un rodillo con líquido desmoldante. Además, los moldajes deben quedar perfectamente alineados y firmes para que en el proceso de hormigonado y vibrado del hormigón no se revienten o deformen. El desmolde de la caja escala se realizará de acuerdo con la NCH170 capítulo 13 desmoldes y descimbres:

- El retiro de los moldajes debe realizarse sin producir sacudidas, choques ni destrucción de aristas, esquinas o la superficie del hormigón.
- En general el descimbre dependerá de la resistencia que tenga el hormigón y de las características estructurales.

Los plazos de desmolde serán de acuerdo con la tabla 14 de la NCH170 (Tabla N°8):

Tabla 8: Mínimos de desmolde.

Tabla 14 - Plazos mínimos para desmolde y descimbre en casos corrientes, días

Moldajes	Cemento grado	
	Corriente	Alta resistencia
Costados de muros, vigas o elementos no solicitados	2	1
Costados de pilares o elementos solicitados por peso propio o cargas externas	5	3
Fondos, cimbras, puntales y arriostramientos de vigas y losas siempre que no estén cargados	16	10

Fuente: NCH170 <https://www.cesmec.cl/medios/DIC/normas/NCh170Of85.pdf>

4.3.20. Hormigón caja escala

El hormigón que se empleará será un G-25, el cono se definirá en la obra, dependiendo de la etapa a hormigonar, este deberá ser premezclado y certificado.

Se solicitará una muestra de laboratorio para las escaleras del túnel.

El vibrado se deberá de realizar de manera cuidadosa y por personal de la obra capacitado que sepa manejar vibradores de hormigón. Para asegurarse que el vibrado de hormigón no tenga percance deberá haber 2 vibradores en la obra para tener siempre uno de repuesto.

La superficie de unión del hormigón deberá prepararse de la siguiente manera:

- Demoler la capa superficial endurecida y, si fuera necesario, completar el tratamiento con chorro de arena a presión;
- Lavar con chorro de agua a presión y mantener saturada la superficie de contacto durante 24 horas, suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se reinicie el hormigonado.

También se podrán utilizar el tratamiento de juntas con resinas epóxicas, según lo indica el Manual de Carreteras (Ministerio de Obras Públicas, 2010):

- Dar el tratamiento de preparación, de limpieza y lavado de la junta según 5.501.312(1) o 5.501.312(2).
- Recubrir con algún puente de adherencia epóxico, siguiendo las recomendaciones del fabricante e instrucciones del inspector fiscal.

4.3.21. Moldaje losa superior

Este moldaje de losas está formado por vigas metálicas o de madera, las cuales se clasificarán en vigas primarias y vigas secundarias. Las placas forman la superficie del moldaje de losa, éstas serán de terciado fenólico, plásticos o metálicas.

Lo que sostendrá las vigas con el terciado serán las alzaprimas que son un elemento vertical que regula la altura. Estas transmiten al suelo las cargas que se generan sobre el moldaje previo, durante y posterior al proceso de hormigonado. Estos elementos trabajan a la compresión.

Las placas deberán quedar perfectamente alineadas y firmes para que en el proceso de hormigonado y vibrado del hormigón no se revienten o deformen. Además, en las juntas de las placas se deberá colocar cinta de papel para que no se note el corte de la unión, si se llegase a ver una unión se deberá lijar hasta que quede una losa uniforme.

El desmolde de la losa se realiza de acuerdo con la NCH170 capítulo 13 DESMOLDES Y DESCIMBRES:

- El retiro de los moldajes debe realizarse sin producir sacudidas, choques ni destrucción de aristas, esquinas o la superficie del hormigón.
- En general el descimbre dependerá de la resistencia que tenga el hormigón y de las características estructurales.

Los plazos de desmolde serán de acuerdo con la tabla 14 de la NCH170 (Tabla N°9):

Tabla 9: Plazos mínimos de desmolde.

Tabla 14 - Plazos mínimos para desmolde y descimbre en casos corrientes, días

Moldajes	Cemento grado	
	Corriente	Alta resistencia
Costados de muros, vigas o elementos no solicitados	2	1
Costados de pilares o elementos solicitados por peso propio o cargas externas	5	3
Fondos, cimbras, puntales y arriostramientos de vigas y losas siempre que no estén cargados	16	10

Fuente: NCH170 <https://www.cesmec.cl/medios/DIC/normas/NCh170Of85.pdf>

4.3.22. Enfierradura losa superior

Los aceros por utilizar para elaborar la enfierradura serán A63-42H, y se deberán colocar separadores de 2,5 cm. Para el recubrimiento se recomiendan colocar calugas de cemento, ya que las plásticas ceden al apretar los moldajes, por lo que no cumplen su función. Los fierros serán acorde a los planos de detalle de losa.

Las uniones entre barras serán con alambre N°18 y el empalme mínimo será 40 diámetros de la barra a traslapar según MC-V4. Por otro lado, para hormigonar el inspector deberá certificar el recibo de la enfierradura.

4.3.23. Hormigonado losa superior

El hormigón que se empleará será un G-25, el cono se definirá en la obra, dependiendo de la etapa a hormigonar, este deberá ser premezclado y certificado.

Se solicitará una muestra de laboratorio para las losas de hormigón.

El vibrado se deberá de realizar de manera cuidadosa y por personal de la obra capacitado que sepa manejar vibradores de hormigón para que no se generen nidos de piedras que afecten a la losa, para asegurarse que el vibrado de hormigón no tenga percance deberá haber 2 vibradores en la obra para tener siempre uno de repuesto se recomienda tener uno eléctrico y uno que funcione con combustible.

La superficie de unión del hormigón deberá prepararse de la siguiente manera:

- Picar la capa superficial endurecida y, si fuera necesario, completar el tratamiento con chorro de arena a presión;
- Lavar con chorro de agua a presión y mantener saturada la superficie de contacto durante 24 horas, suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se reinicie el hormigonado.

También se podrán utilizar el tratamiento de juntas con resinas epóxicas, según lo indica el Manual de Carreteras (Ministerio de Obras Públicas, 2010):

- Dar el tratamiento de preparación, de limpieza y lavado de la junta según 5.501.312(1) o 5.501.312(2).
- Recubrir con algún puente de adherencia epóxico, siguiendo las recomendaciones del fabricante e instrucciones del inspector fiscal.

Este tratamiento se realizará para juntar la losa junto con los muros de contención del túnel peatonal.

4.3.24. Colocación de canaleta Ulma

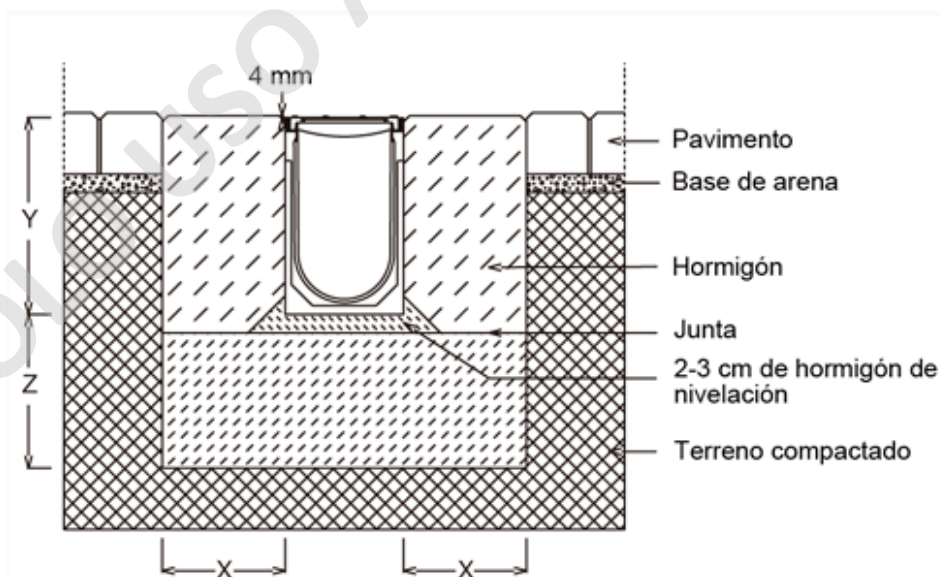
Para la colocación de la canaleta Ulma (imagen N°20) se recomienda seguir los distintos pasos señalados por Cymper (2016):

- La colocación de la canal siempre empieza en el punto más bajo del sistema, la canal o arqueta de recogida y la tubería de desagüe con el origen de referencia que guía la línea de drenaje hasta su punto de cota más alta;
- Debe garantizarse que los bordes de contacto entre las canales estén libres de suciedad y listos para producir una conexión precisa entre los cuerpos de canales. Los canales se embuten uno en uno. Si han de servir únicamente para la evacuación de agua, deslizar el macho sobre la hembra en seco. Si por contrario sirven para la

evacuación de líquidos agresivos, debe aplicarse un mortero especial o una resina elástica de larga duración;

- Los canales se emplazarán sobre la solera, colocando una cuerda a lo largo de la zanja, para una correcta alineación;
- El canal deberá colocarse unos 2 a 4 mm por debajo del revestimiento final del suelo para protegerle de roturas en los bordes. Si la rejilla es de sobreponer, igualmente deberá quedar unos 2 mm por debajo del nivel del pavimento con el fin de garantizar una recogida máxima de agua;
- Debido a la presión lateral que efectúa el hormigón sobre el canal, se recomienda colocar las rejillas antes del hormigonado de los canales o alguna pieza provisional que mantenga la medida final necesaria para recibir las rejillas;
- En caso de que el pavimento sea de hormigón, se recomienda dejar una junta de dilatación en el propio pavimento;
- Para velocidades superiores a 10 km/h, es necesario fijar las rejillas mediante anclaje mecánico atornillado;
- Se aconseja controlar de vez en cuando el fondo de la canal por si es necesario limpiarla. Para ello habrá que retirar las rejillas y emplear una pala que se adapte a las medidas de la canal. Los areneros y decantadores están provistos de un cestillo que se retira y puede vaciarse fácilmente.

Imagen 21: Canaleta Ulma.



Fuente: <https://www.cymper.com/blog/como-instalar-canaletas-de-drenaje-de-hormigon-polimero/>

4.3.25. Colocación de baldosas al interior del túnel

Se colocarán baldosas de adoquín 40x40 cm, cada 1 metro se dejará una junta, lo que significa partir las baldosas a la mitad. Las baldosas deberán mantener la pendiente ya existente que venía con el emplantillado de los cajones para efecto de aguas lluvias. Además, se deberá cumplir con las normas de accesibilidad universal en torno a las baldosas que se colocarán.

Las baldosas se pegarán con un mortero de proporción 1:3 en un espesor mínimo de 2 cm, las líneas de las baldosas deberán ser rectas en ambos sentidos. Los cortes de las baldosas serán con un esmeril con disco de corte diamantado.

4.3.26. Relleno y compactación lateral de cajones

Los rellenos se realizarán por capas sueltas no mayores a 20 cm, a no ser que la empresa adjudicada demuestre que con sus equipos puede alcanzar la densidad mínima especificada. En capas de mayor espesor deberá ser verificado por el inspector fiscal. Además, siguiendo lo indicado en el Manual de Carreteras, se deberán compactar hasta alcanzar un nivel de compactación de 95% de la densidad máxima compactada seca determinada según el método señalado en 8.102.7 de M.C-V8 (LNV 95) o el 80% de la densidad relativa determinada según el método señalado en 8.102.8 de M.C-V8 (LNV 98) (Ministerio de Obras Públicas, 2010).

Se solicitarán mínimo 4 muestras de laboratorio para corroborar que la densidad corresponde con lo solicitado. Así mismo, el material por utilizar será un relleno estructural que cumpla con la tabla 5.206.2.B del MC-V5 (Tabla N°10).

Tabla 10: Requisitos de los materiales para rellenos.

TABLA 5.206.2.B
REQUISITOS DE LOS MATERIALES PARA
RELLENOS ESTRUCTURALES EN ZANJAS

TAMICES		RELLENO ESTRUCTURAL
(mm)	(ASTM)	
50	(2")	100
5	(N° 4)	35 - 100
0,08	(N° 200)	0 - 20
I.P.(*)		3 - 6

(*) Índice de Plasticidad determinado según el Método descrito en 8.102.4 del M.C.-V.8 (LNV 90)

Fuente: Manual de carreteras volumen N°5

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

4.3.27. Relleno y compactación sobre cajones

El relleno sobre los cajones se realizará en capas no mayores a 30 cm con base estabilizada. Se deberá compactar hasta alcanzar un nivel de compactación de 95% de la densidad máxima compactada seca, determinada según lo señalado en 8.102.7 de M.C-

V8 (LNV 95) o el 80% de la densidad relativa determinada según el método señalado en 8.102.8 de M.C-V8 (LNV 98) (Ministerio de Obras Públicas, 2010).

Se colocará una malla geotextil de acuerdo con el MC-V5 sección 5.204 geotextiles. Las telas del tipo geotextil deberán estar conformadas por fibras de poliéster, polipropileno o de una combinación de ellas, unidas por difusión, agujado o algún método adhesivo y que se ajusten a la norma AASHTO M288.

4.3.28. Pavimentación faja fiscal

De acuerdo con lo señalado por el Ministerio de Obras Públicas (2010) en el Manual de Carreteras, antes de la reposición de asfalto se deberá imprimir la superficie de acuerdo con lo estipulado en el MC-V5 5.401.303 se deberá retirar todo material suelto, polvo, suciedad o cualquier material extraño que intervenga la zona.

La reposición de la mezcla asfáltica en caliente de rodadura. Se repondrá todo el pavimento cortado que haya salido extraído para realizar el túnel, el espesor mínimo compactado de la carpeta será de 12 cm, se deberá mantener las pendientes longitudinales y transversales del camino existentes y los empalmes no deberán generar ningún salto.

El MOP agrega que los materiales por emplear deberán cumplir con lo indicado en 5.408. El material grueso debe cumplir con la tabla 5.408.201 A (Tabla N° 11) para rodadura y la fracción fina con tabla 5.408.201 B (Tabla N° 12) para rodadura. La granulometría para áridos de cumplir con la tabla 5.408.201.G (Tabla N°13). La mezcla se ejecutará según tabla 5.408.203.

Los trabajos se realizarán absolutamente en conformidad con lo estipulado en el 5.408.3 del MC-V5. Se deberá reponer las tachas de la carretera sacadas en el corte de la carretera.

Tabla 11: Tabla 5.408.201.A Requisitos para la fracción gruesa.

ENSAYE	TIPO DE MEZCLA ASFALTICA				METODO
	RODADURA	INTERMEDIA	BASE		
			GRUESA	ABIERTA	
Desgaste Los Angeles (máx)	25% (1)	35%	35%	30%	8.202.11 (LNV 75)
Desintegración en Sulfato de Sodio (máx.)	12%	12%	12%	12%	8.202.17 (LNV 74)
Partículas Chancadas (mín.)	90%	70%	60%	90%	8.202.6 (LNV 3)
Partículas Lajeadas (máx.)	10%	15%	15%	10%	8.202.6 (LNV 3)
Adherencia Método Estático (mín.)	95%	95%	95%	95%	8.302.29 (LNV 9)
Adherencia Método Dinámico (mín.) (2)	95%	95%	95%	95%	8.302.31 (LNV 44)

1) El Proyecto podrá especificar otro valor de desgaste de Los Angeles, debidamente justificado, el cual no podrá superar el 35%.

2) La adherencia dinámica sólo se exigirá en áreas con precipitación media anual superior a 350 mm. Si no cumplen los áridos con esta exigencia, se podrán utilizar previa incorporación de un aditivo que mejore la adherencia en obra.

Fuente: Manual de Carreteras, Volumen N°5

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

Tabla 12: Tabla 5.408.201.B Requisitos para la fracción fina.

ENSAYE	TIPO DE MEZCLA ASFALTICA				METODO
	RODADURA	INTERMEDIA	BASE		
			GRUESA	ABIERTA	
Indice de Plasticidad	NP	NP	NP	NP	8.102.4 (LNV 90)
Adherencia Riedel – Weber (1)	Mín. 0 – 5	Mín. 0 – 5	Mín. 0 – 5	Mín. 0 – 5	8.302.30 (LNV 10)
Desintegración Sulfato de Sodio (máx) (2)	15%	15%	15%	15%	8.202.17 (LNV 74)

(1) Si no cumplen los áridos con esta exigencia, se podrán utilizar previa incorporación de un aditivo que mejore la adherencia en obra.

(2) Sólo se exigirá cumplimiento en obras ubicadas en las Regiones XIª y XIIª y en la alta cordillera o cuando lo indique el Proyecto.

Fuente: Manual de Carreteras, Volumen N°5

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

Tabla 13: Tabla 5.408.201.G granulometría gruesa.

DENOMINACION	III - 10	III - 12a	III - 12b	III - 20
TAMICES (mm) (ASTM)	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO, %			
25 (1")				100
20 (3/4")		100	100	75 - 100
12,5 (1/2")	100	75 - 100	75 - 100	---
10 (3/8")	75 - 100	60 - 85	60 - 85	45 - 70
5 (N° 4)	35 - 55	35 - 55	30 - 50	30 - 50
2,5 (N° 8)	20 - 35	20 - 35	20 - 35	20 - 35
0,63 (N° 30)	10 - 22	10 - 22	5 - 20	5 - 20
0,315 (N° 50)	6 - 16	6 - 16	3 - 12	3 - 12
0,16 (N° 100)	4 - 12	4 - 12	2 - 8	2 - 8
0,08 (N° 200)	2 - 8	2 - 8	0 - 4	0 - 4

Fuente: Manual de Carreteras, Volumen N°5

https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

4.3.29. Recepción y habilitación de faja fiscal por parte del MOP

Previo a coordinación con el MOP se recibirá al inspector de vialidad para que apruebe las obras debajo y por sobre la carretera. De esta manera, se podrá dejar operativa para abrirla al público a la brevedad y así terminar con la utilización del desvío.

4.4. Terminaciones

4.4.1. Instalación pasamanos y malla en pilares

La instalación del pasamanos será acorde con lo estipulado por la Corporación Ciudad Accesible (2021) en la Ficha 5 Rampas y Circulaciones Verticales, el pasamanos será galvanizado y deberá ser de un tacto liso para no dañar a los usuarios al sujetarse de este

la altura en los escalones estará entre 0.85 – 1.05 metros y en descansos ira desde 0.95 – 1.05 metros debe estar dentro de ese rango para cumplir con la accesibilidad universal.

Por su parte, en los pilares que sostendrán la estructura de la techumbre se confeccionará una reja que impida la caída de personas a las escaleras. Esta reja será conformada por una malla Acma galvanizada de 4.2 mm 150x50.

4.4.2. Iluminación del túnel

Será de acuerdo con el plano eléctrico otorgado por el mandante. Se recomienda que la luz se instale por el centro del túnel o por los costados, de manera que lo iluminen en su totalidad. También deberá contar con 2 señaléticas de salida auto energizadas.

4.4.3. Colocación de barreras camineras

Se ejecutará de acuerdo con lo descrito en ítem 5.708.1 del MC V-5, Los trabajos de fabricación y colocación de las barreras, se regirán por los detalles señalados en la Sección 6.502 del MC-V6, Sección 4.302 del MC-V4, y los indicados en el Proyecto y en esta Sección.

Los tipos de barreras específicos serán los indicados en la Tabla 6.502.603.A Clasificación de Barreras de Contención no Certificadas del MC-V6 (Tabla N°14), que corresponden a los únicos tipos posibles de barreras de dicha clase a instalar en los caminos del país (ver Imagen N°21). Cualquier modificación a los tipos definidos en dicha Tabla deberá ser aprobada por el Inspector Fiscal, en situaciones especiales y debidamente justificadas.

Tabla 14: Tabla 6.502.603.A Ancho de la zona despejada.

Velocidad de Proyecto (km/h)	TMDA Diseño	Talud Terraplén (V:H)		Talud Cortes (TCN) (V:H)		
		1:6 ⁽¹⁾	1:5 a 1:4	1:3	1:5 a 1:4	1:6 ⁽¹⁾
< 60	<750	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0
	750-1.500	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5
	1.500-6.000	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0	3,5 - 4,5	3,5 - 4,5	3,5 - 4,5
	>6.000	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5	4,5 - 5,0	4,5 - 5,0	4,5 - 5,0
70 - 80	<750	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	2,5 - 3,0	2,5 - 3,0	3,0 - 3,5
	750-1.500	4,5 - 5,0	5,0 - 6,0	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0
	1.500-6.000	5,0 - 5,5	6,0 - 8,0	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5
	>6.000	6,0 - 6,5	7,5 - 8,5	4,5 - 5,0	5,5 - 6,0	6,0 - 6,5
90	<750	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	2,5 - 3,0	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5
	750-1.500	5,0 - 5,5	6,0 - 7,5	3,0 - 3,5	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5
	1.500-6.000	6,0 - 6,5	7,5 - 9,0	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5	6,0 - 6,5
	>6.000	6,5 - 7,5	8,0 - 10,0 ⁽²⁾	5,0 - 5,5	6,0 - 6,5	6,5 - 7,5
100	<750	5,0 - 5,5	6,0 - 7,5	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0
	750-1.500	6,5 - 7,5	8,0 - 10,0 ⁽²⁾	3,5 - 4,5	5,0 - 5,5	6,0 - 6,5
	1.500-6.000	8,0 - 9,0	10,0 - 12,0 ⁽²⁾	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	7,5 - 8,0
	>6.000	9,0 - 10,0 ⁽²⁾	11,0 - 13,5 ⁽²⁾	6,0 - 6,5	7,5 - 8,0	8,0 - 8,5
110 ⁽³⁾	<750	5,5 - 6,0	6,0 - 8,0	3,0 - 3,5	4,5 - 5,0	4,5 - 4,9
	750-1.500	7,5 - 8,0	8,5 - 11,0 ⁽²⁾	3,5 - 5,0	5,5 - 6,0	6,0 - 6,5
	1.500-6.000	8,5 - 10,0 ⁽²⁾	10,5 - 13,0 ⁽²⁾	5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	8,0 - 8,5
	>6.000	9,0 - 10,5 ⁽²⁾	11,5 - 14,0 ⁽²⁾	6,5 - 7,5	8,0 - 9,0	8,5 - 9,0

(1): 1:6 (V:H) o más tendido

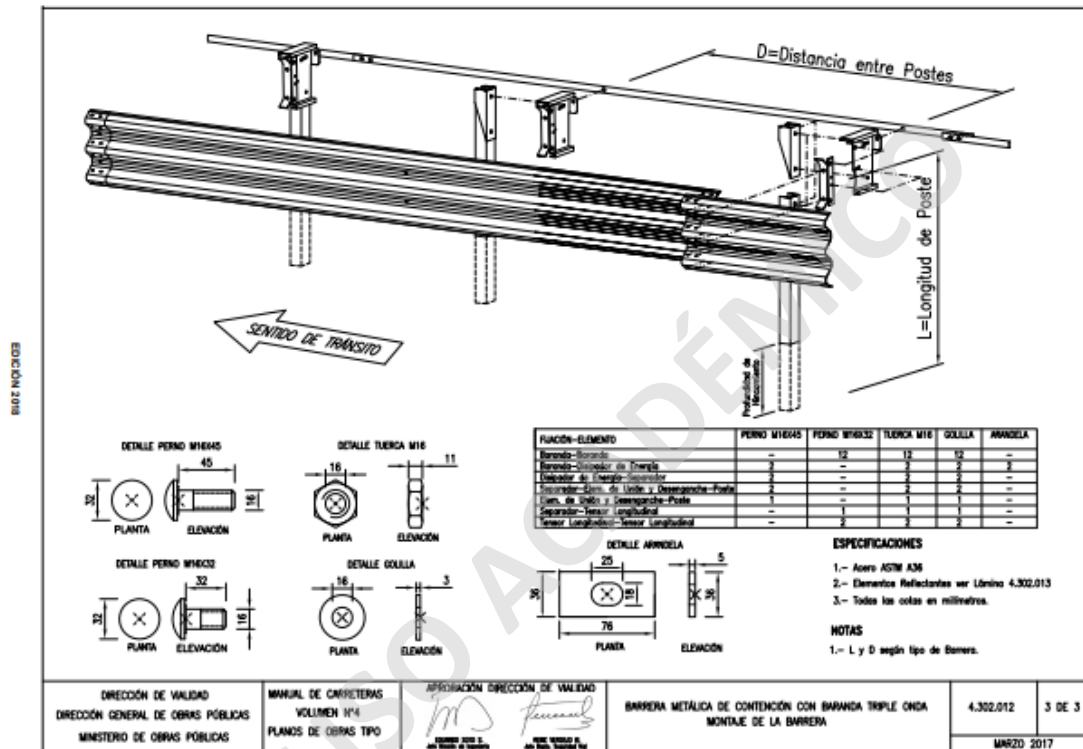
(2): Cuando un estudio técnico, elaborado de acuerdo a lo indicado en el Capítulo 6.1100 de este Volumen, determine que existe una alta probabilidad de accidentes, se pueden diseñar zonas laterales de ancho superior a 9 m.

(3): A la fecha no existen antecedentes para velocidades mayores a 110 km/h; por lo tanto, cuando correspondan velocidades de 120 km/h o más, se deberá efectuar un estudio técnico, elaborado de acuerdo a lo indicado en este Volumen, que justifique los valores a utilizar.

Fuente: Manual de Carreteras, Volumen N°6.

https://portal.ondac.com/601/articles-59863_doc_pdf.pdf

Imagen 22: Montaje de barrera triple onda.



Fuente: Manual de Carreteras, Volumen N°4

https://portal.ondac.com/601/articles-59865_doc_pdf.pdf

4.5. Estimación en días de construcción del paso peatonal

La construcción del paso peatonal tiene un estimado de 424 días de trabajo. Durante ese tiempo, tendrá partidas que serán de inicio paralelo y tendrán ruta crítica, como los muros de hormigón, enfierradura de muros, moldajes de muros y hormigonado de muros.

Como todo proyecto se tiene una ruta critica la cual es imperativa ejecutarla de una manera muy prolija ya que si nos atrasamos en la ruta desencadenara incumplimientos en los plazos de la construccion del túnel y esto llevara a multas y costos a los cuales no queremos incurrir.

El proyecto será por 6 u 8 meses dependiendo del avance de la obra, precipitaciones y entre otros factores. Dado lo anterior, se recomienda iniciar obras a mediados de septiembre y octubre, para no encontrarse con condiciones de lluvias ni lloviznas y así aprovechar lo más posible la época de verano, donde estas condiciones climáticas disminuyen y favorecen la construcción del paso peatonal a desnivel.

Con esto se logrará un menor deterioro del desvío, ya que con las lluvias se ocasionan eventos que no hacen grato el pasar por este y se incurrirá en un gasto adicional al pasarle una motoniveladora cada vez que llueva torrencialmente. Además, la excavación no tendrá la exposición al agua lluvia, riesgos de derrumbes de taludes y no se tendrán que incurrir en arriendos o usos de bombas extractoras de agua para habilitar la excavación para trabajar en ella en los días de lluvia.

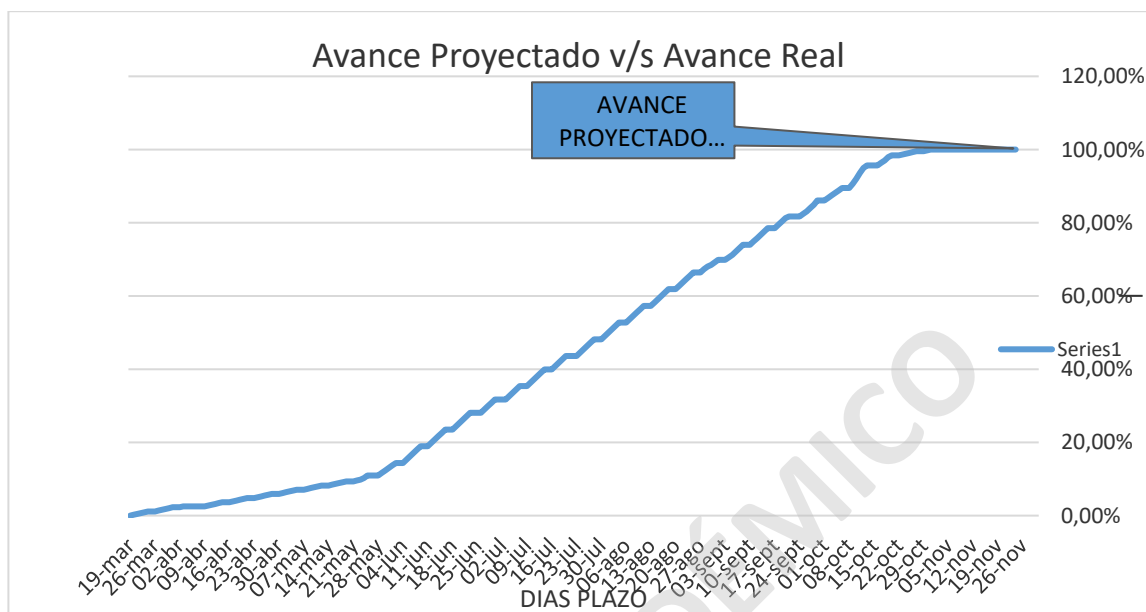
A continuación, se presenta un cuadro resumen con las fases del paso peatonal y la cantidad de días aproximados que serán destinados a cada una:

Tabla 15: Estimación de días proyecto de pasarela peatonal bajo nivel.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 23: Curva S de la construcción del túnel.



Fuente: Elaboración propia.

4.6. Limitaciones en base a resultados

Se ha de destacar que la información disponible sobre la construcción de pasos peatonales a desnivel con módulos prefabricados es limitada, por lo que resulta difícil obtener información de proyectos de similares características a lo largo de Chile. Solo se cuenta con lineamientos generales para la construcción de dichos túneles en el Manual de Carretera en sus distintos volúmenes, la Ordenanza General De Urbanismo y Construcción y manual de recomendaciones de estándares generales para proyectos de túneles. Sin embargo, no se cuenta con manuales que contengan la información específica para la construcción de pasos peatonales a desnivel utilizando módulos prefabricados.

Además, resulta importante señalar que en el continente y en Chile poco se habla de la construcción de túneles peatonales con módulos prefabricados como solución real a la contingencia de cruzar calles, carreteras o avenidas.

No obstante, a lo anterior, Esto da paso a seguir mejorando las condiciones y estudiando los procesos constructivos para implementar de mejor manera los pasos peatonales bajo nivel o soterrados

Conclusiones

En base a lo que se ha visto a lo largo de este trabajo, es posible señalar que el paso peatonal a desnivel es la mejor opción en comparación a los pasos sobre nivel. Se ha llegado a esta conclusión considerando la condición climática de la zona en donde se situará el paso peatonal, la durabilidad, el bajo costo de mantención y baja probabilidad de que los vehículos afecten la estructura del paso peatonal a desnivel en comparación a un paso peatonal sobre nivel, al cual se asociaría un costo económico destinado a la reparación estructural. Además, se puede destacar que este paso bajo nivel tendría un bajo impacto ambiental en la zona forestal en la cual se emplazaría.

Por otra parte, el Manual de Señalización de Tránsito indica que los pasos peatonales por sobre nivel y en desnivel se deben proveer en autopistas y autovías de altas velocidades, en las cuales no se debe interrumpir el tráfico de estas. También se pueden presentar en vías convencionales con elevados flujos vehiculares cuyo caso sería el abordado en el presente trabajo, ya que el aserradero Arauco se ubica directamente en la carretera M-50.

El plan de construcción del túnel peatonal se basó en el Manual De Carreteras y normas chilenas existentes que tenemos en el país para cumplir con las exigencias constructivas necesarias y que su construcción sea duradera y no lo afecten los fuertes sismos que recurrentemente tenemos en el país.

La construcción del paso bajo nivel no tiene mayores complicaciones, hay que tener bien trazado y planteado la ubicación del proyecto y ser lo más rápido posible en la colocación y relleno lateral de los módulos prefabricados de hormigón armado para luego reponer el pavimento retirado de la faja fiscal en la excavación y así se interrumpe lo menos posible el tránsito y las demás partidas se pueden trabajar en paralelo al tránsito vehicular siempre con las máximas condiciones de seguridad para los trabajadores.

En cuanto a los objetivos propuestos para este proyecto, es posible concluir que efectivamente se encontró una propuesta constructiva eficiente que maximiza la construcción de este elemento vial. Los factores que sostienen esta afirmación son principalmente el cuerpo normativo de la planificación citado con el Manual de Carretera, que define tanto los elementos como la información técnica para estimar su duración. Si bien al comienzo se deberá hacer un esfuerzo para la construcción del paso peatonal este con el pasar de los años se ira justificando ya que su estimación de vida útil es de varios años.

Si bien es cierto que la construcción de los pasos bajo nivel todavía no es algo común en el país, es importante considerar cada vez más este tipo de alternativas como algo viable a futuro, por el bajo costo en función del tiempo de durabilidad de estas obras, el poco impacto que tiene en el entorno, además de la reducción de accidentes que comúnmente involucran a los otros tipos de pasarelas. Si se deseara implementar algunos modelos más avanzados en Chile, se deberá hacer un análisis e investigación más profundos, con el fin de lograr su implementación de manera exitosa y sin riesgos en el país.

Referencias bibliográficas

Arauco (2017). *Reporte de sostenibilidad 2017*. Recuperado el 16 de noviembre de 2023, de https://www.arauco.cl/wp-content/uploads/2017/07/REPORTE_PAGINAS_SOLAS.pdf

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (s.f.). *Clima y vegetación Región del Maule*. Recuperado el 24 de marzo de 2024. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region7/clima.htm>

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (s.f.). *Relieve Región del Maule*. Recuperado el 24 de marzo de 2024. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region7/relieve.htm>

Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (2012). *Manual de Señalización de Tránsito*. <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/Manual-de-Sen%CC%83alizacion-de-Transito.pdf>

Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (2022). *Observatorio de Seguridad Vial*. Recuperado el 24 de octubre de 2023, de <https://www.conaset.cl/programa/observatorio-datos-estadistica/>

Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (s.f.). *Qué hacemos*. <https://www.conaset.cl/que-hacemos/>

Concreacero (s.f.). *Corrosión de estructuras metálicas: qué es*. Recuperado el 30 de mayo del 2024. <https://concreacero.com.co/corrosion-de-estructuras-metalicas-que-es/>

Corporación Ciudad Accesible (2016). *Normativa Accesibilidad Universal*. OGUC – Chile. <https://cdn.plataformaurbana.cl/wp-content/uploads/2017/02/si%CC%81ntesis-dibujada-y-comentada-resumen-normas-de-accesibilidad-oguc-2017.pdf>

Corporación Ciudad Accesible (2017). *Pasarelas peatonales | Exigencias normativas al 2018*. Recuperado el 24 de octubre de 2023, de <https://www.ciudadaccesible.cl/pasarelas-peatonales-exigencias-normativas-al-2018/>

Corporación Ciudad Accesible (2021). *Rampas y Circulaciones Verticales*. Ficha 5. <https://www.ciudadaccesible.cl/wp-content/uploads/2021/04/Ficha-5-Rampas-2021.pdf>

Cymper. (2016). *Cómo instalar canaletas de drenaje de hormigón polímero*. Recuperado el 28 de marzo del 2024. <https://www.cymper.com/blog/como-instalar-canaletas-de-drenaje-de-hormigon-polimero/>

Decreto N° 223. Diario Oficial de la República de Chile, 15 de julio de 2022. <https://bcn.cl/3470f>

Estructuras Metálicas Colombia (s.f.). *Diseño de Pasarelas y Puentes Peatonales*. Recuperado el 30 de mayo del 2024. <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/construcciones-metalicas/pasarelas-de-acero-y-puentes-peatonales>

Ley N° 18.290. Diario Oficial de la República de Chile, 29 de octubre de 2009. <https://bcn.cl/2f8iq>

Ley N° 20.422. Diario Oficial de la República de Chile, 10 de febrero de 2010. <https://bcn.cl/2f7fu>

López, R. (2014). *Falsos túneles prefabricados. Experiencia y fiabilidad de los mismos*. Obras Urbanas. <https://www.obrasurbanas.es/falsos-tuneles-prefabricados/>

Martínez, C. (2023). *¿Por qué las pasarelas peatonales no favorecen a los peatones?* ArchDaily en Español. <https://www.archdaily.cl/cl/780228/por-que-las-pasarelas-peatonales-no-favorecen-a-los-peatones>

Ministerio de Obras Públicas (2010). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales de construcción*. Volumen 5. https://www.cesmec.cl/medios/DIC/Documentos/VOL_5_DIC_2010.pdf

Ministerio de Obras Públicas (2018). *Manual de Carreteras: Planos de obras tipo*. Volumen 4. https://portal.ondac.com/601/articles-59865_doc_pdf.pdf

Ministerio de Obras Públicas (2023). *Manual de recomendaciones de estándares generales para proyectos de túneles*. <https://vialidad.mop.gob.cl/Biblioteca/tuneles.pdf>

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (s.f.). *Estudio informativo de la línea ferroviaria Valencia – Alicante (tren de la costa). Fase II. Tramo: Gandía – Oliva – Denia*. Recuperado el 24 de octubre de 2023, de <https://www.mitma.gob.es/ferrocarriles/estudios-en-tramite/estudios-y-proyectos-en-tramite/gandia-oliva-denia>

Pinedo, F. (2019). *La importancia de la mecánica de suelos*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-mec%C3%A1nica-suelos-flav%C3%ADo-cesar-pinedo/>

Rodríguez, H. (s.f.). *Tutorial n°107: Comportamiento del Acero con la Temperatura*. Recuperado el 30 de mayo del 2024. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn107.html>

Sciaraffia, R. (2019). *Uso de prefabricados de hormigón en pasarelas peatonales*. Revista EMB Construcción. <https://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=4355&ni=uso-de-prefabricados-de-hormigon-en-pasarelas-peatonales>

Sika Chile. (s.f.). *Igor Primer Imprimante Asfáltico 3 Lt*. Recuperado el 20 de febrero del 2024. <https://www.sikachile.cl/igol-primer-imprimante-asfaltico-3-lt/p/MLC27078395>

Urazán Bonells, C. F., Torres Prada, A. C., & Sánchez Cotte, É. H. (2013). El rol de los pasos peatonales subterráneos como alternativa en los actuales esquemas de planeación urbana. *Tecnura*, 17(38), 97-108. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257028384008>

SOLO USO ACADÉMICO