



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES

DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA
EVALUAR EL DESEMPEÑO EN LA OPERACIÓN Y
CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO DURANTE LA ETAPA DE
EXPLOTACIÓN DE LA CONCESIÓN VIAL, APLICABLES EN
BASES DE LICITACIÓN PARA FUTURAS CONCESIONES.

Memoria de Título y Tesis de Grado presentada por
JONATHAN FELIPE GÓMEZ BARRIENTOS

Como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil
y al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería Civil

Profesor Guía
Rodrigo Andrés Delgadillo Sturla

Agosto de 2020

TÍTULO DE LA TESIS

**DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA
EVALUAR EL DESEMPEÑO EN LA OPERACIÓN Y
CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO DURANTE LA ETAPA DE
EXPLOTACIÓN DE LA CONCESIÓN VIAL, APLICABLES EN
BASES DE LICITACIÓN PARA FUTURAS CONCESIONES.**

AUTOR

JONATHAN FELIPE GÓMEZ BARRIENTOS

TRABAJO DE TESIS, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el título de Ingeniero Civil y el grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Rodrigo Delgadillo Sturla _____

Tomás Echaveguren Navarro _____

Alelí Osorio Lird _____

Valparaíso, Chile, Agosto de 2020.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Dirección General de Investigación, Innovación y Postgrado de la Universidad Técnica Federico Santa María por el apoyo a través de la beca de arancel que hizo posible el desarrollo de esta tesis.

Agradecimientos a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) por el apoyo a través de la beca de estudios de postgrado CONICYT-PFCHA/Magíster Nacional/2018-22181294.

Resumen

La operación de una carretera requiere de la gestión de distintos objetivos estratégicos, entre los que se cuentan el servicio a los usuarios de la misma, la conservación del patrimonio vial y la relación con la comunidad y medio ambiente aledaños. La presente tesis se enfoca en dos de estos aspectos. En primer lugar, se propone una herramienta para medir el nivel de servicio entregado a los usuarios de una vía en lo concerniente a la movilidad, que corresponde a uno de los aspectos más valorados por los mismos. En segundo lugar, se realiza una propuesta conceptual para evaluar la conservación patrimonial de la infraestructura realizada durante la operación de una carretera.

Se desarrolla una herramienta de gestión para evaluar el desempeño de las agencias viales al momento de garantizar la movilidad de los usuarios que transitan por la vía. Para ello se realiza una revisión bibliográfica de las herramientas existentes para evaluar la movilidad, de tal manera de proponer una herramienta de gestión que sea aplicable en futuras bases de licitación de concesiones en Chile. Se define un indicador técnico de desempeño, el cual mide los aumentos de tiempos de viaje de un tramo de carretera respecto a una situación base, ocasionados por eventos que reducen de manera temporal la capacidad de la vía. Se compara los tiempos de viaje medios de un bloque horario con un tiempo representativo para ese mismo bloque, este último se calcula anualmente considerando los momentos en que la vía se encuentra con disponibilidad plena. El aumento en los tiempos de viaje calculado es ponderado por la cantidad de vehículos que transitaron respecto al total diario, obteniéndose el valor medio diario del indicador. Finalmente, el indicador se denomina aumento porcentual de los tiempos medios de viaje diarios.

Se desarrolla un modelo que permite evaluar el desempeño de las concesionarias en el cumplimiento del objetivo estratégico de conservación de patrimonio vial. Este modelo busca constatar la condición estructural en el que se encuentra la infraestructura, considerando la evaluación independiente de cada uno de sus activos, mediante indicadores técnicos de desempeño. La condición general de la carretera se obtiene mediante la ponderación de la evaluación de cada elemento, estos ponderadores dependen de los costos asociados a la reposición de cada activo en el caso de que fallen, los cuales incluyen los costos de reconstrucción, los costos sociales por aumento en los tiempos de viaje y los costos sociales por aumentos en los accidentes causados por las zonas de trabajo generadas durante la rehabilitación de la infraestructura. Los activos viales considerados en el modelo son aquellos que aportan a la integridad estructural del patrimonio y que cuya condición no es percibida durante la experiencia de viaje de los usuarios. La estructura final del modelo depende de la configuración de cada carretera y de las condiciones de la red en la que se encuentra.

Abstract

The operation of a highway requires the management of different strategic objectives, among which are the service to its users, the conservation of the road heritage and the relationship with the surrounding community and environment. The present thesis focuses on two of these aspects. Firstly, a tool is proposed to measure the level of service provided to users of a road regarding mobility, which corresponds to one of the aspects most valued by users themselves. Secondly, a conceptual proposal is made to assess the heritage conservation of the infrastructure implemented during the operation of a highway.

A management tool is developed to assess the performance of road agencies when guaranteeing the mobility of users who transit the road. For this, a bibliographic review of the existing tools to assess mobility is carried out, in order to propose a management tool that is applicable in future bidding rules for concessions in Chile. A technical performance indicator is defined, which measures the increase in travel times of a highway section with respect to a base scenario, caused by events that temporarily reduce the capacity of the road. The average travel times of an hourly block are compared with a representative time for that same block, the latter is calculated annually considering the times when the road is in full availability. The increase in travel times calculated is weighted by the number of vehicles that transited with respect to the daily total, obtaining the daily average value of the indicator. Finally, the indicator is called a percentage increase in average daily travel times.

A model is conceptually developed that allows evaluating the performance of concessionaires in meeting the strategic objective of road heritage conservation. This model seeks to verify the structural condition of the infrastructure, considering the independent evaluation of each asset that is part of it, using technical performance indicators. The general condition of the highway is obtained by weighing the evaluation of each element, these importance weights depend on the costs associated with the replacement of each asset in the event that they fail, which include reconstruction costs, social costs for the increase in travel times and social costs for the increase in accidents caused by work areas generated during the rehabilitation of the infrastructure. The road assets to consider in the model are those that contribute to the structural integrity of the heritage and whose condition is not perceived during the users' travel experience. The final structure of the model depends on the configuration of each highway and the conditions of the network in which it is located.

Contenido

Agradecimientos	5
Resumen	7
Abstract	9
Contenido	15
Índice de figuras	16
Índice de tablas	17
Introducción	1
1. Definición de herramientas de gestión para evaluar a la concesionaria vial durante la explotación, aplicables en bases de licitación para futuras concesiones.	5
1.1. Revisión literatura	5
1.1.1. Objetivos estrategicos	6
1.1.2. Necesidades	7
1.1.3. Activos a evaluar	7
1.1.4. Propuesta para evaluar los objetivos estratégicos	8
1.1.4.1. Nivel de servicio para el usuario que transita por la vía	9
1.1.4.2. Conservación del patrimonio vial	14
1.1.4.3. Afectación a la comunidad aledaña y medioambiente	15
1.2. Herramientas por desarrollar	16
I Desarrollo de un indicador técnico para evaluar el desempeño en garantizar el valor en juego de movilidad por parte de la concesionaria vial durante la etapa de explotación , aplicable en bases de licitación para futuras concesiones.	17
2. Definición del indicador más adecuado	18
2.1. Estado del arte y la práctica	19

2.1.1.	Chile	19
2.1.1.1.	Base de licitacion Ruta 43 (2013)	19
2.1.1.2.	Base de licitacion Ruta G-21 (2018)	21
2.1.2.	España	23
2.1.2.1.	Pliego de clausulas administrativas particulares. Ministerio de Fo- mento (2007)	23
2.1.2.2.	Pliego de clausulas administrativas particulares. Comunidades au- tónomas (2008)	24
2.1.3.	Estados Unidos	26
2.1.3.1.	NCHRP : Guide to Effective Freeway Performance Measurement: Final Report and Guidebook. (Margiotta, R., Lomax, T. J., et al, 2006)	26
2.1.3.2.	NCHRP 677: Development of levels of service for the interstate highway system (2010)	27
2.1.3.3.	Florida departament of transportation (2016)	28
2.1.4.	Australia	28
2.1.4.1.	Austroroads performance indicators (2011)	29
2.1.5.	Canada	30
2.1.5.1.	Measurable performance indicators for roads:Canadian and inter- national practice (2009)	30
2.1.6.	Indicadores existentes para evaluar la movilidad	31
2.1.7.	Elección de indicador	33
3.	Indicador: Aumento porcentual de los tiempos de viaje medios diarios	34
3.1.	Aumento en los tiempos medios de viaje	35
3.1.1.	Aumentos en los tiempos de viaje atribuibles al concesionario	40
3.1.1.1.	Gestión zonas de trabajo y mediciones	40
3.1.1.2.	Accidentes o contingencias	40
3.1.1.3.	Eventos climaticos	45
3.1.2.	Aumentos en los tiempos de viaje no atribuibles al concesionario	49
3.1.2.1.	Acciones de terceros	49
3.1.2.2.	Desastres naturales	49
3.1.2.3.	Accesos a tramos ajenos a la concesión	50
3.1.2.4.	Operaciones obligatorias	50
3.1.2.5.	Aumento inesperado y relevante del flujo vehicular	50
3.2.	Metodología y equipos de medición	52
3.2.1.	Equipo de medición	53
3.2.1.1.	Medición de tiempos de viaje y flujos vehiculares	53
3.2.1.2.	Mediciones de eventos y gestión de la concesionaria (sistema de control)	53
3.2.2.	Protocolos de medición	57
3.2.2.1.	Protocolo de medición de patrón de tiempos medios de viaje repre- sentativo (Patrón)	57

3.2.2.2.	Protocolo de medición de patrón de flujos vehiculares representati- vo (Patrón vehicular)	63
3.2.2.3.	Protocolo de medición del indicador porcentaje de aumento de tiempos medios de viaje	68
4.	Metodología de evaluación del indicador	71
4.1.	Evaluación del indicador para el modelo de nivel de servicio del usuario que transita por la vía.	71
4.1.1.	Niveles de desempeño diario por tramo analizado	72
4.1.2.	Niveles de desempeño mensual por tramo analizado	74
4.1.3.	Niveles de desempeño mensual para toda la concesión	74
5.	Simulación y sensibilización del indicador	77
5.1.	Descripción y supuestos	77
5.2.	Sensibilización diaria del indicador	78
5.3.	Variables a sensibilizar para la simulación mensual	82
5.3.1.	Umbrales de nivel de desempeño diario por tramo analizado	82
5.3.2.	Umbrales de nivel de desempeño mensual por tramo analizado	83
5.3.3.	Umbrales de nivel de importancia por tramo	84
5.4.	Resultados de la simulación	85
5.4.1.	Umbrales de nivel de desempeño diario por tramo analizado	85
5.4.2.	Umbrales de nivel de desempeño mensual por tramo analizado	88
5.4.2.1.	Caso 1 (M1)	88
5.4.2.2.	Caso 2 (M2)	89
5.4.2.3.	Caso 3 (M3)	89
5.4.3.	Umbrales de nivel de desempeño mensual por concesión	90
5.4.3.1.	Caso 1 (M1)	90
5.4.3.2.	Caso 2 (M2)	91
5.4.3.3.	Caso 3 (M3)	91
 II Conceptualización de un modelo para evaluar el desempeño en garantizar la conservación del patrimonio por parte de la concesionaria vial durante la etapa de explotación , aplicable en bases de licitación para futuras concesiones.		 93
6.	Definición de la herramienta más adecuada	94
6.1.	Estado del arte y la práctica	94
6.1.1.	Chile	94
6.1.1.1.	Evaluación patrimonio vial MOP (2013)	94
6.1.2.	Internacional	105
6.1.2.1.	Elemental decomposition and multi-criteria method (Dojutrek, M. S., Makwana, P. A., et al, 2012)	105

6.1.2.2.	Replacement, downtime, and salvage (RDS) method (Dojutrek, M. S., Makwana, P. A., et al, 2012)	106
6.1.2.3.	Gross replacement cost (CIPFA, 2016)	108
6.1.2.4.	Depreciation (CIPFA, 2016)	109
6.1.2.5.	Structural Index (Litzka, J., Leben, B., et al, 2008)	111
6.2.	Elección de herramienta para medir la conservación del patrimonio vial durante la explotación de la concesión	114
7.	Conceptualización de modelo de conservación del patrimonio vial	115
7.1.	Modelo para evaluar la conservación del patrimonio vial	115
7.1.1.	Estructura conceptual del modelo	117
7.2.	Activos de la infraestructura vial	118
7.2.1.	Activos viales a evaluar durante la explotación de una concesión vial	118
7.2.2.	Características de los activos viales a evaluar en el modelo de conservación del patrimonio vial	123
7.2.3.	Evaluación de las características	125
7.2.3.1.	Evaluación puntual	127
7.2.3.2.	Evaluación global	127
7.2.4.	Agrupación de activos viales	129
7.3.	Importancias relativas de activos viales	131
7.3.1.	Metodología de cálculo de los ponderadores (importancias relativas)	131
7.3.1.1.	Ponderadores de grupos de activos, activos y sub-activos viales.	131
7.3.1.2.	Ponderadores de características/indicadores técnicos	132
7.3.2.	Metodología de cálculo del valor patrimonial/social de los activos viales	133
7.3.2.1.	Clasificación de los activos viales	133
7.3.2.2.	Costo histórico de construcción (CH)	134
7.3.2.3.	Costo por transporte de desechos (CTD)	134
7.3.2.4.	Costos sociales por aumento en los tiempos de viaje (CTV)	136
7.3.2.5.	Costos sociales por aumento en la cantidad de accidentes (CA)	139
7.3.2.6.	Costos por aumento en la operación vehicular (CO)	141
7.3.2.7.	Método simplificado para obtener costos por aumentos en la operación vehicular	141
7.3.3.	Consideraciones para cada activo vial	147
7.3.3.1.	Plataforma	147
7.3.3.2.	Vías de servicio	150
7.3.3.3.	Saneamiento y drenaje	151
7.3.3.4.	Túneles	154
7.3.3.5.	Puentes, viaductos y pasos superiores longitudinales	157
7.3.3.6.	Pasos superiores transversales	160
7.3.3.7.	Pasarelas peatonales	162
7.3.3.8.	Talud de corte y terraplén	164
7.3.3.9.	Obras de protección fluvial	171
7.3.3.10.	Ciclovías	171

7.3.3.11. Aceras	171
7.3.3.12. Pantallas acústicas	172
7.3.3.13. Sistema de peaje	172
7.4. Categorías de activos, condicionales y evaluación del modelo	173
8. Conclusiones	176
Referencias	180
Anexos	181

Índice de figuras

1.1.1.Esquema conceptual modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía.	10
2.1.1.Esquema conceptual se los factores a considerar al evaluar la movilidad en carreteras.	27
3.0.1.Esquema conceptual del indicador.	34
3.1.1.Congestión recurrente día i año X-1 v/s tiempos de viaje medio día i año X (Accidente ocurrido a las 20:30).	35
3.1.2.Factores que influyen en los tiempos de viaje.	36
3.1.3.Curva de flujo vs velocidad de operación.	37
4.1.1.Simulación de aumentos de tiempos de viaje diario por trabajos en la vía. Elaboración propia	73
4.1.2.Algoritmo de cálculo para evaluación global del indicador de movilidad	76
5.2.1.Resultados del indicador tramo 1.	79
5.2.2.Resultados del indicador tramo 2.	79
5.2.3.Resultados del indicador tramo 3.	80
5.2.4.Resultados del indicador tramo 4.	81
5.2.5.Resultados del indicador tramo 5.	81
6.1.1.Conversión de índice de condición (CCI) a depreciación acumulada.	109
7.1.1.Esquema conceptual modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía.	117
7.2.1.Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de los pavimentos flexibles y rígidos en función del porcentaje de agrietamiento.	126
7.2.2.Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	127
7.2.3.Protocolo de calificación para la carretera.	128
7.3.1.Ruta original y ruta alternativa generada por un reruteo al fallar el activo crítico “Puentes”.	137
7.4.1.Esquema de calificación del modelo de conservación de patrimonio vial.	174

Índice de tablas

1.1.1.Ficha técnica. Regularidad transversal. Parte 1 (Elaboración propia).	13
1.1.2.Ficha técnica. Regularidad transversal. Parte 2 (Elaboración propia).	14
1.1.3.Calificación global (Elaboración propia).	14
2.1.1.Indicador de Disponibilidad de la vía bases de licitación Ruta 43. Fuente: MOP, 2012	19
2.1.2.Ventajas y desventajas de los distintos indicadores. Fuente: Elaboración propia. . .	32
3.1.1.Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 1 . .	42
3.1.2.Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 2 . .	43
3.1.3.Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 3 . .	44
3.1.4.Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 4 . .	44
3.1.5.Acciones mínimas durante un evento natural. MOP (2018).	50
3.2.1.Patrón de tiempos medios de viaje para el verano. Parte I	59
3.2.2.Patrón de tiempos medios de viaje para el verano. Parte II	60
3.2.3.Patrón de tiempos medios de viaje para el año laboral. Parte I	61
3.2.4.Patrón de tiempos medios de viaje para el año laboral. Parte II	62
3.2.5.Patrón de flujos vehiculares para el verano. Parte I	64
3.2.6.Patrón de flujos vehiculares para el verano. Parte II	65
3.2.7.Patrón de flujos vehiculares para el año laboral. Parte I	66
3.2.8.Patrón de flujos vehiculares para el año laboral. Parte II	67
4.1.1.Escala de nivel de servicio del indicador	73
4.1.2.Nivel de conformidad para ingresar al modelo de nivel de servicio.	74
4.1.3.Categorías de los tramos de importancia.	75
4.1.4.Penalizaciones a la clasificación global.	75
4.1.5.Calificación global (Elaboración propia).	76
5.1.1.Resumen de tramos analizados.	78
5.3.1.Propuesta de umbral diario por tramo 1.	83
5.3.2.Propuesta de umbrales mensuales por tramo 1.Caso M1	83
5.3.3.Propuesta de umbrales mensuales por tramo 2.Caso M2	83
5.3.4.Propuesta de umbrales mensuales por tramo 3.Caso M3	84
5.3.5.Propuesta de umbrales globales 1.	84
5.4.1.Ejemplo de resultado de un mes. Tramo 1 - caso U1	85

5.4.2.	Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 1.	85
5.4.3.	Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 2.	86
5.4.4.	Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 3.	86
5.4.5.	Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 4.	87
5.4.6.	Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 5.	87
5.4.7.	Resultados con la propuesta 1 de umbrales mensuales.	88
5.4.8.	Resultados con la propuesta 2 de umbrales mensuales.	89
5.4.9.	Resultados con la propuesta 3 de umbrales mensuales.	89
5.4.10.	Peso de cada tramo del caso de análisis.	90
5.4.11.	Resultados con la propuesta 1 de categorías de tramos.	90
5.4.12.	Resultados con la propuesta 2 de categorías de tramos.	91
5.4.13.	Resultados con la propuesta 3 de categorías de tramos.	91
6.1.1.	Calificación de pavimentos según su valor de ICP (“Análisis de sensibilidad de parámetros del modelo HDM-4 y actualización de metodología para la determinación del estado de caminos pavimentados”. MOP, 2004).	97
6.1.2.	Ecuación para calcular CPI para pavimentos asfálticos (Proposición de Acciones de Mantenimiento.MOP,2017).	98
6.1.3.	Ecuación para calcular CPI para tratamientos superficiales (Proposición de Acciones de Mantenimiento.MOP,2017).	98
6.1.4.	Ecuación para calcular CPI para pavimentos de hormigón (Proposición de Acciones de Mantenimiento.MOP,2017).	98
6.1.5.	Listado de activos a considerar en evaluación de patrimonio vial (CIPFA, 2016). . .	110
6.1.6.	Ficha técnica capacidad de soporte (COST, 2006).	112
6.1.7.	Ponderadores de importancia de los indicadores para el índice estructural (COST, 2006)	113
7.3.1.	Velocidad de operación dada por la saturación al disminuir la capacidad de la vía principal (Actualización parámetros modelos HDM-4, APSA y DDQ).	138
7.3.2.	Precios sociales del tiempo de viaje por tipo de vehículo (MIDESO, 2018).	138
7.3.3.	Valor social de la accidentabilidad en Chile, por tipo de accidente, macrozona y tipo de camino (Estimación del Valor de la Vida Estadística por Disposición a Reducir Riesgo, 2013).	140
7.3.4.	Tasa de accidentes por tipo de camino y tipo de accidente en Chile (SECTRA – MIDEPLAN, 2007).	140
7.3.5.	Factores de costo de operación base según tipo de terreno, vehículo e IRI. (Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010, José Arroyo et al.)	143
7.3.6.	IRI promedio para caminos de vialidad por región y tipo de pavimentación. Fuente: Elaboración propia.	145
7.3.7.	Costo de operación base del vehículo tipo i, en UF. (Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010, José Arroyo et al.) . .	145

7.4.1.Penalización del indicador técnico en función de su nivel de importancia y calificación categoría.	173
7.4.2.Penalización del indicador técnico en función de su nivel de importancia y calificación categoría.	174
7.4.3.Calificación global del modelo de conservación del patrimonio vial.	175
8.0.1.Ficha técnica. % agrietamiento pavimento asfáltico	182
8.0.2.Ficha técnica . Deflectometría (D0) pavimento de asfalto	183
8.0.3.Ficha técnica. % transferencia de carga pavimento de hormigón	184
8.0.4.Ficha técnica. Índice de condición vías de servicio. Parte I	185
8.0.5.Ficha técnica. Índice de condición saneamiento y drenaje. Parte I	190
8.0.6.Ficha técnica. Índice de condición de puentes	195

Introducción

Las administraciones de carreteras han cambiado con el tiempo de un enfoque de conservación reactiva de los activos viales a uno basado en el servicio que estos entregan al usuario (Caimey, 2016), en donde estos son cada vez más exigentes, especialmente en cuanto a sus tiempos de viaje y la variabilidad de estos.

La presente investigación se basa en el desarrollo de herramientas de gestión que sean capaces de evaluar la movilidad y nivel de conservación de carreteras concesionadas durante su fase de explotación, de manera continua y basada en resultados. Una evaluación continua de la condición de los activos viales reduce la posibilidad de ocurrencia de fallas en estos elementos, evitando alteraciones en el normal funcionamiento de la vía.

La característica principal de está investigación es que estas herramientas son de control y buscan evaluar exclusivamente las cosas que sean atribuibles a la gestión del concesionario, se necesita separar todos aquellos eventos externos que influyan en el desempeño de la concesionaria y que cuya solución no sea gestionable por la concesionaria.

El desarrollo de este tema es de interés para el usuario que transita por la vía, ya que, con la implementación de un indicador que evalúe la movilidad, es probable que los tiempos medios de viaje mejoren y también lo para el Ministerio de Obras Públicas, ya que evaluando la conservación la conservación del patrimonio vial durante la explotación de la concesión, se asegura que la condición estructural de los activos y su vida remanente es óptima.

Para obtener los resultados esperados se realiza una revisión extensa de literatura para cada uno de los temas, se generan cuadros comparativos en donde se aprecian las ventajas y desventajas de los metodos investigados, para luego decidir por el más adecuado para cumplir el objetivo establecido. Una vez definido las herramientas de gestión a utilizar, se desarrolla una metodología de cálculo y, se realizan simulaciones y análisis de sensibilidad para obtener resultados representativos.

En el capítulo 1 se definen cuales son las herramientas de gestión complementarias necesarias para un modelo de nivel de servicio que evalúa todo aquello que es percibido durante la experiencia de viaje del usuario.

En el capítulo 2 se realiza una revisión de la literatura nacional e internacional sobre indicadores de desempeño que evalúen la movilidad en la carretera, se establecen ventajas y desventajas de cada uno de ellos para la implementación en Chile.

En el capítulo 3 se define la metodología de medición del indicador de movilidad, los equipos de medición y los protocolos de cálculo del indicador.

En el capítulo 4 se define la metodología de evaluación del indicador en sus diferentes niveles y se proponen los umbrales de aceptación.

En el capítulo 5 se realiza una simulación del indicador de movilidad con datos facilitados por una autopista urbana, además se realiza un análisis de sensibilidad para las variables de interés.

En el capítulo 6 se realiza una revisión de la literatura nacional e internacional sobre diversos métodos de valoración del patrimonio vial, se establecen ventajas y desventajas de cada uno de ellos para la implementación en Chile y finalmente se escoge el más adecuado para la condición tecnológica en la que se encuentra el país.

En el capítulo 7 se conceptualiza un modelo para evaluar la conservación del patrimonio vial, definiendo los activos viales relevantes a evaluar, la importancia relativa entre ellos y algoritmo de cálculo para la obtención de la calificación del modelo.

En el capítulo 8 se presentan las conclusiones y las líneas futuras de investigación.

Hipótesis

Es posible mejorar la movilidad de los usuarios en vías concesionadas y garantizar la conservación de la infraestructura vial, sin que se incrementen significativamente los costos totales en el ciclo de vida de las carreteras, mediante la definición de herramientas de gestión para la operación durante la etapa de explotación de una vía, de modo que sea implementable en futuras concesiones viales chilenas.

Objetivos

Objetivo general:

- Desarrollo de un indicador técnico para evaluar el desempeño de la concesionaria vial en garantizar la movilidad durante la etapa de explotación, aplicable en bases de licitación para futuras concesiones.
- Conceptualización de un modelo para evaluar el desempeño de la concesionaria vial en garantizar la conservación del patrimonio durante la etapa de explotación , aplicable en bases de licitación para futuras concesiones.

Objetivos específicos:

- Definir un indicador capaz de medir la movilidad y que sea capaz de discriminar entre eventos que produzcan aumentos en los tiempos de viaje y sean gestionables por la concesionaria.
- Definir metodología de evaluación y umbrales de aceptación para el indicador de movilidad.
- Definir los activos y características a evaluar en el modelo de conservación del patrimonio.
- Definir la importancia relativa de los activos y metodología de evaluación del modelo de conservación del patrimonio.

Capítulo 1

Definición de herramientas de gestión para evaluar a la concesionaria vial durante la explotación, aplicables en bases de licitación para futuras concesiones.

1.1. Revisión literatura

En junio de 2017, se dio inicio al proyecto FONDEF de Investigación Tecnológica (FONDEF IT16I10008) titulado “Modelo para evaluar los niveles de servicio de carreteras en Chile, implementable en bases de licitación para nuevas concesiones”, a cargo de la institución beneficiaria principal, Universidad Técnica Federico Santa María y de la institución beneficiaria asociada, la Universidad de Concepción. El proyecto además cuenta con la participación, como entidad interesada, a la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas del Ministerio de Obras Públicas de Chile (DGCOP-MOP).

Los primeros dos hitos del proyecto, Hito 1: “Estado del arte/práctica en la gestión por nivel de servicio en carreteras” e Hito 2: “Definición de brechas en Chile”, buscan establecer una base de que es lo que se tiene que evaluar y como para optimizar el desempeño de una carretera, en este caso carreteras concesionadas. De los hitos se desprende que el grado de avance tanto en el desarrollo de las metodologías para aplicar el concepto de nivel de servicio, así como su uso en la práctica, varía en los distintos estudios revisados. Estas diferencias se presentan en distintos ámbitos: los objetivos estratégicos considerados en la evaluación de la gestión vial, el nivel de identificación de necesidades demandadas por los usuarios que transitan por la vía en un vehículo motorizado, los tipos de activos viales y/o indicadores que se incluyen en la evaluación del nivel de servicio y el nivel de agregación de los indicadores para evaluar el servicio prestado a los usuarios.

A continuación se presentan los temas en donde existen diferencias conceptuales al momento de realizar evaluación de la infraestructura vial por desempeño:

1.1.1. Objetivos estratégicos

Las administraciones de carreteras han cambiado con el tiempo de un enfoque de conservación reactiva de los activos viales a uno basado en el servicio que estos entregan al usuario (Caimey, 2016), en donde estos son cada vez más exigentes. La evaluación de la gestión de infraestructura vial pensando exclusivamente en el usuario que transita por la vía no es suficiente (Talvitie, A., 1999), ya que existen objetivos estratégicos de la gestión, como por ejemplo, la conservación del patrimonio vial, que no necesariamente son percibidos directamente o a tiempo por el usuario, y por lo tanto, no son valorados de manera apropiada por el mismo. Es probable que el usuario recién se percate de algunos deterioros en el patrimonio una vez que estos ya son de gran severidad, por tanto, cuando ya es demasiado tarde. Un ejemplo simple de esto puede ilustrarse con el mantenimiento de las cepas de un puente, mientras la superestructura esté funcionando de manera correcta, el usuario no percibirá los deterioros al patrimonio que puedan generarse por falta de mantenimiento, este se verá afectado una vez que el puente requiera una rehabilitación importante que obligue a intervenir el tránsito por el mismo. Por lo tanto, se requiere una evaluación de la conservación del patrimonio vial, de manera adicional a la evaluación del servicio prestado a los usuarios que transitan por la vía, durante la etapa de explotación. El estudio (Talvitie, A., 1999) propone una serie de indicadores orientados a satisfacer las necesidades de los usuarios y del estado, sin embargo, no deja explícita una propuesta de evaluación por objetivos estratégicos. Un estudio posterior realizado en España (Comisión de transportes CICCIP, 2005) coincide con que la evaluación de la gestión de la infraestructura debe considerar tanto el nivel de servicio a los usuarios como en la conservación del patrimonio vial, siendo estos los objetivos estratégicos al momento de gestionar una carretera, este estudio además, propone una agrupación diferenciada de indicadores de desempeño para ambos objetivos. Otro objetivo estratégico que no evalúa apropiadamente a través del nivel de servicio a los usuarios o de la conservación del patrimonio vial, es el efecto de la infraestructura vial sobre las comunidades aledañas y el medio ambiente, en los estudios Talvitie, A., (1999) y Austroads (2009) se proponen, por ejemplo, algunos indicadores relacionados al nivel de ruido y nivel de emisiones de gases hacia las áreas vecinas de la infraestructura producto de su operación. Dye Management Group (2010) declara la importancia de avanzar en la investigación del efecto de la infraestructura en el medio ambiente, sin proponer indicadores específicos. El grado de avance identificado en la definición de indicadores para el cumplimiento de este tercer objetivo estratégico es relativamente bajo en comparación con los indicadores para evaluar el nivel de servicio a los usuarios o la conservación del patrimonio.

1.1.2. Necesidades

Cada objetivo estratégico y su grupo interesado correspondiente, poseen distintas necesidades para lograr el cumplimiento del objetivo.

En el caso del nivel de servicio del usuario que transita por la vía, diversos estudios han evaluado la influencia que pueden tener los atributos específicos de una carretera en la percepción de este por los usuarios de la misma. En Chile, se ha determinado que los usuarios perciben como importantes atributos tales como la iluminación, la señalización horizontal, el estado del pavimento, entre otros (MOP 2009, 2012a y 2016c). La priorización de los usuarios y la importancia relativa que le asignan a cada atributo puede variar dependiendo del momento en que se realiza el estudio, de la mejora o deterioro de la infraestructura, del grado de madurez de la industria ligada a la gestión vial, entre otros factores. Otros estudios han profundizado más en el nivel de análisis, llegando a identificar cuáles son las necesidades de los usuarios que están detrás de los atributos específicos de la carretera percibidos como prioritarios. En Talvitie, A., (1999) se identificaron necesidades como: La movilidad y accesibilidad: orientadas al nivel de satisfacción con respecto al tiempo de viaje, su fiabilidad y calidad de la información para usuarios de carreteras. La seguridad: orientada a definir zonas sin protección para el usuario, tiempo de asistencia de ruta, entre otras. En España (Instituto Mapfre, 2000) se determinó que las necesidades planteadas por los usuarios respecto del servicio de la vía se resumen en seguridad, rapidez, confort, información y servicios complementarios. En Australia (Austroads, 2016b) se concluyó que las necesidades más relevantes para los usuarios son la seguridad, el tiempo de viaje, la rapidez y la comodidad. En Inglaterra (Transport Focus, 2017) determinaron que el atributo más relevante es la movilidad.

Para la conservación del patrimonio vial en donde el principal grupo interesado es el estado, las necesidades están más relacionadas con el costo actual de la infraestructura (MOP, 2013), lo cual dependerá de la condición en la que se encuentren los elementos que la componen, sin dejar de lado la importancia que cada elemento tiene en términos de conectividad y costos sociales asociados en caso de que un activo relevante (puente, túnel, talud de corte, etc.) llegué a fallar (Dojutrek, M. S., Makwana, P. A., et al, 2012).

En el caso de la afectación a la comunidad aledaña y medio ambiente, las necesidades están menos claras y dependen específicamente del lugar en donde se encuentre ubicada la carretera, pero se en la literatura se hace énfasis en la importancia de incorporar indicadores que evalúen como la infraestructura afecta a la comunidad aledaña y al medioambiente (Litzka, J., et al, 2008).

1.1.3. Activos a evaluar

Tradicionalmente, el nivel de servicio de una carretera se ha asociado principalmente a los pavimentos, bajo la hipótesis de que es el atributo de mayor costo de mantenimiento. De hecho, estudios como el realizado por la red The European Cooperation in Science and Technology (Litzka, J., et al, 2008)., el cual abarcó a Estados Unidos y un conjunto de países europeos, se enfocó exclusivamente en el efecto que tiene el pavimento sobre el nivel de servicio prestado a los usuarios de una carretera. Sin embargo, la influencia de otros activos, como por ejemplo la iluminación y la

señalización, también pueden tener una influencia importante en la calidad de servicio percibidas por los usuarios (Instituto Mapfre 2000, MOP 2009, 2012a, 2016c; NCHRP 2010, Austroads 2016a, 2016b; Transport Focus 2017). Por esta razón, diversos estudios han propuesto indicadores de desempeño para evaluar el servicio de diversos activos tales como la iluminación, señalización, elementos de seguridad y servicios anexos, entre otros, además de los pavimentos (Talvitie, A. 1997, Comisión de transportes CICCOP 2005, Austroads 2009). La tendencia es ir agregando elementos a evaluar, ya que, la tecnología a medida que avanza, permite realizar mediciones costo-eficientes, las cuales facilitan la realización de gestión basada en niveles de servicio, porque el beneficio obtenido al evaluar a una variable es igual o menor al costo de medirla (Robinson, M. D., Raynault, E., et al, 2006).

1.1.4. Propuesta para evaluar los objetivos estratégicos

La evaluación del nivel de servicio prestado a los usuarios que transitan por la vía no es la única herramienta que se debe considerar para una gestión vial integral. Si solo se considera un modelo de evaluación del servicio prestado a los usuarios que transitan por la vía en un vehículo motorizado, no se cumplirían los objetivos estratégicos de otras partes interesadas, por lo tanto, se requieren incorporar modelos adicionales que evalúen la conservación del patrimonio vial y los efectos sobre la comunidad aledaña y medio ambiente. Al respecto es importante destacar que, el grado de avance en el desarrollo de indicadores orientados a la evaluación del nivel de servicio a los usuarios y a la conservación del patrimonio es significativamente mayor que el de los indicadores relacionados al efecto en la comunidad aledaña y medio ambiente.

Existen importantes grados de avance, tanto en Chile como en el extranjero, en la identificación de los activos viales relevantes para la satisfacción de los usuarios de transitan por la vía en un vehículo motorizado. De forma adicional, se ha identificado de manera transversal en los estudios revisados, que las necesidades intangibles demandadas por lo usuarios se pueden resumir en: Comodidad, Seguridad, Movilidad y accesibilidad. A su vez, es posible vincular las necesidades intangibles demandadas por los usuarios con los distintos activos/subactivos viales y otros servicios.

Respecto de los activos viales presentes en una carretera, se puede decir que el pavimento constituye solo uno de los activos relevantes para la satisfacción de los usuarios de las obras viales. Otros activos viales como la señalización vertical, señalización horizontal, sistema de iluminación, entre otros, también son relevantes en la evaluación de la calidad del servicio percibido por los usuarios que transitan por la vía. Por lo anterior, se desarrolla una revisión exhaustiva de todos los activos/subactivos viales que tienen influencia sobre el servicio prestado a los usuarios.

La evaluación del nivel de servicio prestado a los usuarios debe realizarse tanto a nivel particular para cada atributo relevante de la carretera, como a nivel global ponderando la importancia que tengan los diversos atributos para la satisfacción de los usuarios que transitan por la vía. Lo anterior genera un incentivo al administrador de la carretera para enfocarse en los atributos de

mayor relevancia para los usuarios. Además, la calificación global obtenida es significativa para los usuarios, ya que les permite conocer una calificación objetiva del servicio prestado por una determinada carretera.

Para evaluar la conservación del patrimonio vial es necesario tener en consideración la importancia relativa que tiene cada activo para el estado, en donde, existen diversas metodologías a nivel nacional e internacional.

En base a las conclusiones de los dos primeros hitos del proyecto FONDEF IT16I1008, se decide evaluar los tres objetivos estratégicos por separado, para así poder realizar un control más dirigido a las necesidades reales de cada contrato y evitar que estas pierdan importancia por evaluarse juntas.

Los tres objetivos estratégicos a evaluar son los siguientes:

- Nivel de servicio para el usuario que transita por la vía.
- Conservación del patrimonio vial.
- Nivel de afectación a la comunidad aledaña y medioambiente.

Para cada uno de ellos se desarrollan herramientas de gestión capaces de evaluar el desempeño de la concesionaria vial al momento de cumplir con los objetivos estratégicos.

A continuación se presenta como se aborda la evaluación de cada objetivo estratégico:

1.1.4.1. Nivel de servicio para el usuario que transita por la vía

Se propone un modelo conceptual para evaluar el nivel de servicio prestado a los usuarios que transitan por la vía en vehículos motorizados (Muñoz, R.,2019). Dicho modelo conceptual se presenta en la figura 1.1.1, en la cual la calificación global de nivel de servicio depende de atributos intangibles demandados por los usuarios (comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad), los que se denominan “valores en juego”. A su vez, estos se vinculan con los distintos elementos presentes en una carretera concesionada (activos/subactivos viales y otros servicios) que influyen en la experiencia de viaje de los usuarios. Para evaluar cada uno de los elementos se definen las características relevantes que participan en la percepción de la experiencia de viaje del usuario.

Modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía

El modelo propuesto evalúa exclusivamente los activos de la carretera que influyen directamente en la experiencia de viaje del usuario, es decir, aquellos elementos que cuyas características son

relevantes al momento de garantizar los valores en juego (Comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad; y otros).

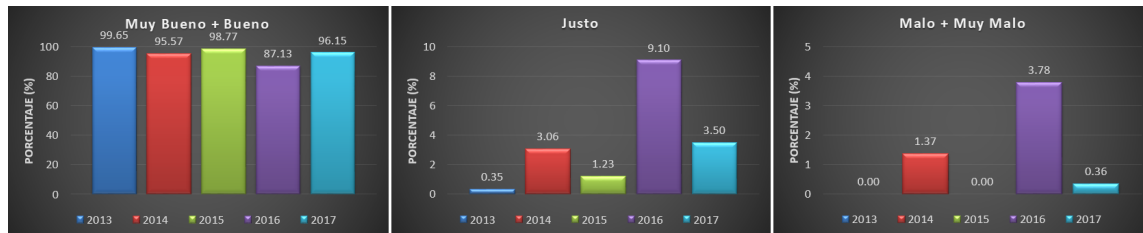


Figura 1.1.1: Esquema conceptual modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía.

Fuente: Elaboración propia.

Valores en Juegos y activos/ sub-activos viales asociados

Bajo la hipótesis que la satisfacción de la experiencia de viaje de los usuarios que transitan por la vía, se explica a través de los atributos intangibles denominados valores en juego (comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad, otros), se analizan dos estudios independientes que recogen la opinión de un amplio conjunto de usuarios de carreteras concesionadas en Chile que permiten (COPSA, 2016; MOP, 2016), de manera aproximada, establecer los ponderadores de importancia de dichos valores en juego. A su vez, para obtener la importancia relativa de cada activo vial en su valor en juego correspondiente, se realizaron encuestas a expertos, ya que el usuario no siempre es capaz de percibir que tan importante es cada elemento de la carretera en su experiencia de viaje.

Los valores en juego y sus activos relacionados se presentan a continuación:

Comodidad

- Plataforma: considerando la regularidad longitudinal de pavimento y el nivel de ruido de la interacción rueda-pavimento.
- Puentes: considerando las vibraciones al transitar por él.
- Iluminación exterior: considerando la uniformidad longitudinal de la iluminación.
- Iluminación túnel: considerando la uniformidad longitudinal de la iluminación.
- Areas de servicio: considerando el aporte de su condición general a la comodidad del viaje.

Seguridad

- Plataforma: considerando el nivel de ahuellamiento y la fricción del pavimento, descenso y erosión de la berma, desnivel de la mediana y el sobreebanco de la plataforma (SAP).
- Iluminación exterior: considerando la uniformidad global y luminancia media de la iluminación.
- Señalización vertical: considerando la integridad y funcionalidad de esta.
- Demarcaciones planas y elevadas: considerando la integridad y funcionalidad de estas.
- Sistemas de contención: considerando la integridad y funcionalidad de estos.
- Sistemas de citofonía de emergencia: considerando la integridad y funcionalidad de estos.
- Asistencia en ruta: considerando el porcentaje de eventos asistidos oportunamente.
- Señalización variable: considerando la integridad y funcionalidad de esta.
- Túnel: considerando la condición general de los sistemas de iluminación, sistemas de ventilación y sistema de emergencia.

Movilidad y accesibilidad

- Señalización informativa: considerando la correcta ubicación y mantención de las señalizaciones para garantizar que el usuario pueda tomar las decisiones correctas de desvío en su ruta.

La evaluación de la percepción de los usuarios respecto a la movilidad que le entrega la concesión vial, no es directamente asociable a un activo tangible y/o intangible, por lo tanto, es necesaria la elaboración de un indicador técnico que sea capaz de evaluar de la manera más directa posible el desempeño de la concesión para garantizar el valor en juego de movilidad. Para ello se realiza una revisión del estado del arte y de la práctica en la evaluación de la movilidad en carreteras.

Otros

- Atención de usuarios: Considerando la disponibilidad de los servicios de atención al cliente, tanto presenciales como no presenciales.
- Gestión de cobro y facturación: Considerando el despacho correcto y a tiempo de las facturas.
- Limpieza del área de concesión: Considerando el estado de limpieza diaria de toda el área de concesión.

Características a evaluar

Para cada uno de los elementos antes mencionados es necesario definir cual es la característica relevante a evaluar, es decir, que influya en la percepción de los distintos valores en juego durante la experiencia de viaje (Muñoz, 2019).

Para cada una de las características que se definen indicadores técnicos y sus respectivas metodologías de medición asociadas, que permiten caracterizar el desempeño de los activos/subactivos viales presentes en una determinada carretera.

Se define el indicador técnico más adecuado (Muñoz, 2019), en base a criterios como:

- El nivel de uso para evaluar el potencial de aplicación en Chile
- Nivel de automatización de equipos de medición.
- Nivel de especialización requerido por el operador
- Seguridad involucrada en la medición, precisión y exactitud en la recopilación de datos
- Existencia de estándares, entre otros.

Una vez escogido el indicador técnico a utilizar, se define la metodología de medición y evaluación, considerando al menos los siguientes elementos:

- El equipo de medición.
- La frecuencia espacial/temporal de la medición.
- Protocolos de medición y algoritmos de cálculo.
- Protocolo para obtener una calificación global del indicador en la carretera.

Todas las consideraciones para evaluar el indicador técnico mencionadas anteriormente quedan recopiladas en las “fichas técnicas”, las cuales son autosuficientes al momento de evaluar la característica correspondiente, asociada a esta ficha, existe un informe técnico el cual contiene el detalle de la metodología. A modo de ejemplo, en las tabla 1.1.1 y 1.1.2, se presenta la ficha técnica que permite evaluar la regularidad transversal en pavimentos flexibles a través del indicador técnico Rut Depth (RD).

Tabla 1.1.1: *Ficha técnica. Regularidad transversal. Parte 1 (Elaboración propia).*

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Regularidad transversal en pavimento flexible			
IDENTIFICADOR	PL-CA-FT2			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores técnicos para la evaluación de pavimentos (PL-CA-IT2)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Rut Depth (RD)	mm	Anual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
AASHTO PP 69 - Determining Pavement Deformation Parameters and Cross Slope from Collected Transverse Profiles.				
AASHTO PP 70 - Collecting the Transverse Pavement Profile.				
ASTM E-1656 Standard Guide for Classification of Automated Pavement Condition Survey Equipment. Pavement Condition Survey Equipment				
AGAM-T014-16 Validation of a Laser Profilometer for Measuring Pavement Rutting (Reference Device Method).				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Perfilómetro T1111 (Según ASTM E-1656) y que cumpla los requisitos de medición del perfil transversal de AASHTO PP70 y las modificaciones planteadas en la presente ficha.				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
La metodología de medición del perfil transversal se debe basar en AASHTO PP70, modificando el espaciamiento longitudinal máximo entre perfiles transversales a un máximo de 0.25 m y el intervalo de resumen a 50 m.				
La medición descrita, se debe realizar en todas las pistas del área de concesión exceptuando las vías de servicio.				
El cálculo de Rut Depth (RD) para cada huella se debe basar en AASHTO PP69.				
El equipo de medición debe ser validado siguiendo el protocolo que establece AGAM-T014-16.				
El valor de RD cada 50 m se calcula como el mayor valor entre RD promedio de la huella izquierda y RD promedio de la huella derecha.				
PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada sección de 50 m tiene un nivel de desempeño según se define en (I). La calificación global se obtiene según se define en (II).				
(I) Calificación para cada sección de 50 m en base a Rut Depth de dicha sección (en mm)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
[0.0 , 4.0[	[4.0 , 7.0[	[7.0 , 10.0]	]10.0 , 15.0]	> 15.0

En la primera parte de la ficha se presenta como se obtiene la calificación de desempeño para el intervalo espacial y temporal más adecuado para cada indicador, en la segunda parte de la ficha se evalúa la distribución que tiene esa calificación en toda la concesión, para así evaluar a nivel de carretera el desempeño del indicador técnico.

Tabla 1.1.2: *Ficha técnica. Regularidad transversal. Parte 2 (Elaboración propia).*

(II) Calificación global del indicador en base al porcentaje de secciones en cada rango de Rut Depth						
		Rangos de Rut Depth en mm.				
		[0.0 , 4.0[	[4.0 , 7.0[	[7.0 , 10.0]	]10.0 , 15.0]	> 15.0
Calificación global del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	≤ 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	≤ 0.1%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	≤ 0.5%	≤ 0.1%
	Justo	≤ 100%			≤ 0.5%	≤ 0.1%
	Malo	≤ 100%			]0.5, 2.0]	]0.1, 1.0]
	Muy malo	100%				

A partir del protocolo de calificación global de cada indicador técnico, se obtiene una calificación categórica (muy bueno, bueno, justo, malo, muy malo) a la cual se le asocia una calificación numérica de acuerdo a lo presentado en la tabla 1.1.3.

Tabla 1.1.3: *Calificación global (Elaboración propia).*

CALIFICACIÓN	
Categórica	Numérica
Muy bueno	1.00
Bueno	0.75
Justo	0.50
Malo	0.25
Muy malo	0.00

Una vez obtenido la calificación global de cada característica a evaluar y con los ponderadores de importancia relativa, es posible obtener la calificación mensual de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía a nivel de carretera, con la cual se pueden llegar a establecer incentivos y penalizaciones.

1.1.4.2. Conservación del patrimonio vial

Durante la explotación de una concesión vial se evalúa el nivel de servicio prestado al usuario que transita por la vía en base a la percepción de este a los distintos elementos que componen la infraestructura, pero existen muchos elementos que son relevantes tanto para el usuario como para el estado, en los cuales su condición no es percibida por los usuarios en el uso rutinario (por ejemplo, las cepas de un puente), si no que solamente en el caso que estos fallen, es por ello que se propone elaborar una herramienta que sea capaz de evaluar el desempeño de la concesionaria vial para cumplir el objetivo estratégico de la conservación del patrimonio, durante la etapa de explotación, complementando la evaluación por nivel de servicio a los usuarios. Para ello se realiza una revisión del estado del arte y de la práctica en la evaluación de la conservación de la infraestructura vial.

1.1.4.3. Afectación a la comunidad aledaña y medioambiente

Los primeros dos objetivos estratégicos evalúan el desempeño de la concesionaria vial hacia el usuario que transita por la vía y el estado, la revisión de literatura indica que la comunidad aledaña igualmente presenta servicios necesarios a garantizar por parte de la agencia y que son de gran importancia para la población que vive conjunta a la infraestructura vial, estos son los siguientes:

- **Conectividad:** Garantizar el flujo entre comunidades cercanas a la carretera y de estas a la carretera.
- **Seguridad y salud:** Garantizar la seguridad de los usuarios motorizados y no motorizados que utilizan las vías de servicio; garantizar la mínima afectación a los pobladores de las comunidades debido a la liberación de contaminantes.
- **Amenidad:** Garantizar el bienestar de los pobladores de las comunidades aledañas.
- **Economía:** Garantizar impulso económico de las comunidades aledañas.

1.2. Herramientas por desarrollar

Luego de la revisión de la literatura y considerando las herramientas que ya están en desarrollo para evaluar los distintos objetivos estratégicos, se presentan las herramientas por desarrollar para garantizar una optima operación de la carretera por parte de la concesionaria durante la explotación de la vía. Las herramientas son las siguientes:

- Herramienta para evaluar el desempeño del concesionario vial para garantizar el valor en juego movilidad durante la etapa de explotación.
- Conceptualización de modelo para evaluar el desempeño del concesionario vial al conservar el patrimonio durante la etapa de explotación.

A continuación se presenta el desarrollo de ambas herramientas, cada una presentada en una parte del documento. La parte I corresponde a la herramienta para evaluar la movilidad en las carreteras y la parte II al modelo conceptual para evaluar la conservación del patrimonio vial.

Parte I

Desarrollo de un indicador técnico para evaluar el desempeño en garantizar el valor en juego de movilidad por parte de la concesionaria vial durante la etapa de explotación , aplicable en bases de licitación para futuras concesiones.

Capítulo 2

Definición del indicador más adecuado

Como se menciona anteriormente, una de las cosas que el usuario espera al transitar por una carretera concesionada es que se le garantice el valor en juego de movilidad, es decir, tiempos de viaje óptimos y sin mucha varianza entre uno y otro (1), por ello es necesario desarrollar una herramienta que sea capaz de evaluar el desempeño de la concesionaria en el cumplimiento de este valor en juego. La herramienta tiene que ser capaz de distinguir entre las situaciones en donde se ve afectada la movilidad que son atribuibles a la gestión del concesionario y en las que no tiene control, siendo las primeras el objeto de medición, ya que se busca evitar el evaluar cosas en donde el concesionario no tenga injerencia.

Los métodos más tradicionales para medir la congestión y la movilidad se basan en la observación del volumen de tráfico, y en la capacidad que posee la vía al momento de realizar la medición, lo cual no es capaz de reflejar la gestión realizada por la agencia vial por mantener un nivel óptimo de movilidad, ni tampoco el cumplimiento de las expectativas de los usuarios (Mehran, B., & Nakamura, H., 2007).

Por lo tanto, es necesario desarrollar un indicador de desempeño que sea capaz de medir y calcular la movilidad al transitar por la vía, teniendo en cuenta el rol de la agencia vial para mantenerla en su nivel óptimo, y cuyo resultado sea intuitivo para los usuarios que la utilizan, así estos se pueden enterar de la calidad del servicio que están recibiendo.

Las agencias viales del mundo recomiendan debido a sus experiencias, utilizar indicadores de desempeño basados en los tiempos de viaje para evaluar la movilidad en las carreteras, ya que es más fácil de entender tanto para el usuario como para los profesionales que la gestionan (Turner et al., 2004).

Se realiza una revisión de la literatura con el fin de encontrar un indicador técnico capaz de evaluar la movilidad de las carreteras de manera objetiva y que represente de mejor manera la satisfacción del usuario respecto a este valor en juego.

2.1. Estado del arte y la práctica

Se presentan las distintas maneras en que se aborda la evaluación de la movilidad, tanto directa como indirectamente.

2.1.1. Chile

2.1.1.1. Base de licitación Ruta 43 (2013)

2.1.1.1.1. Disponibilidad de la vía

En esta base de licitación (MOP, 2013) se busca evaluar de manera indirecta la movilidad de los usuarios, ya que, no se conocen los tiempos de viaje, pero se busca garantizar que la vía esté siempre disponible para que no se vea disminuída la capacidad de la vía y por no aumenten los tiempos de viaje

El indicador disponibilidad de la vía se compara con el siguiente estandar de resultado: La calzada debe estar plenamente disponible o su disponibilidad plena debe ser restaurada dentro del plazo de restauracion establecido en esta ficha, en cada KMF y durante toda la etapa de explotación. Para cada KMF (kilómetro fijo) se debe informar al MOP el resultado de comparar el estado del indicador de resultado con el umbral dentro del intervalo máximo entre declaraciones establecido en esta ficha.

Tabla 2.1.1: *Indicador de Disponibilidad de la vía bases de licitación Ruta 43. Fuente: MOP, 2012*

Indicador de resultado	Disponibilidad de la vía
Umbral	Plena
Plazo de restauración	5 horas
Intervalo máximo entre declaraciones	24 horas
Unidad de constatación	KMF
Período de contabilización	1 hora



Consideraciones:

1. Se entendera que la disponibilidad de la vía es plena en el KMF, esto es, que el indicador “disponibilidad de la vía” esta en estado de cumplimiento, solo si se dispone para efectos de la rodadura de todo el ancho de la calzada informado en el estado final de dimensiones.

2. Se entenderá que la disponibilidad de la vía no es plena en el KMF, esto es, que el indicador “disponibilidad de la vía” esta en estado de incumplimiento, en cualquier situacion que disminuya el ancho disponible de la calzada respecto del informado en el estado final de dimensiones. En particular, se entenderá que la “disponibilidad de la vía" no es plena, en los siguientes casos, sin que se considere este listado como taxativo:

- Ausencia o inhabilitación de parte de la calzada. En este contexto, se considerara un bache abierto como estado de incumplimiento. Se entendera por un bache abierto cualquier cavidad de al menos 2 cm de profundidad en cuya superficie, en el plano de la calzada, pueda inscribirse un círculo de al menos 10 cm de diametro.
- Realización de obras correctivas sobre la calzada.
- Realizacion de obras preventivas sobre la calzada, no acogidas a lo dispuesto en las bases.
- Presencia de elementos ajenos sobre la calzada que puedan representar un riesgo o bien que puedan inducir al conductor a efectuar una maniobra insegura.
- Accidente o avería de un vehículo que, en razon de ello, permanezca ocupando parte de la calzada. Excepcionalmente y en el caso que se requiera de la autorizacion de autoridad competente para despejar la vía, el plazo de restauracion comenzará a contabilizarse desde que se otorgue dicha autorización.

3. Si para restaurar la plenitud de la “disponibilidad de la vía” se requiere de maquinaria pesada, la sociedad concesionaria podra solicitar por una sola vez a la inspeccion fiscal, durante la vigencia del plazo de restauración, un aumento de dicho plazo por un maximo de 5 horas. La inspeccion fiscal resolverá dicha solicitud sobre la base de los antecedentes disponibles.

Metodo de constatacion del estado del indicador de resultado: Inspección visual. La presencia de baches se constatará con ayuda de una lamina circular de 10 cm de diametro y 2 cm de espesor.

2.1.1.2. Base de licitación Ruta G-21 (2018)

2.1.1.2.1. Disponibilidad de la vía

El Concesionario tiene la obligación de mantener las calzadas de la vía disponibles, esto es, aptas para transitar por ellas disponiendo, en toda su longitud, de todo el ancho de las calzadas informadas en el Sistema BIM, para lo cual deberá mantenerlas despejadas de cualquier elemento que obstruya el normal flujo de los vehículos, durante toda la Etapa de Explotación.

Se entenderá que las calzadas están indisponibles, en los siguientes casos, sin que se considere este listado como taxativo:

- Falta de integridad o inhabilitación de parte de la calzada.
- Realización de obras de conservación correctivas sobre la calzada.
- Realización de obras preventivas o trabajos de conservación sobre la calzada, no acogidos a lo dispuesto en las Bases de Licitación.
- Presencia de elementos ajenos sobre la calzada que puedan representar un riesgo o bien que puedan inducir al conductor a efectuar una maniobra insegura.
- Accidente o avería de un vehículo que, en razón de ello, permanezca ocupando parte de la calzada. En el caso que se requiera de la autorización de autoridad competente para despejarla vía, el inicio de contabilización del tiempo de indisponibilidad de la vía comenzará desde que se otorgue dicha autorización.

No será considerado como un incumplimiento de la disponibilidad de la vía, cuando ocurra alguna de las siguientes situaciones, que para estos efectos se consideran exclusiones:

- Intervención en la vía realizada por un tercero, de acuerdo a lo señalado en las Bases de Licitación.
- Realización de obras de conservación, acogidas a la regulación prevista en las Bases de Licitación.
- Eventos de fuerza mayor o caso fortuito, definidos en las presentes Bases de Licitación.
- Realización de mediciones, debidamente informadas al Inspector Fiscal, de las exigencias establecidas en las Bases de Licitación.
- Eventos de nevazón y/o formación de hielo de acuerdo a lo indicado en las Bases de Licitación.
- Realización de labores de despeje de nieve y/o hielo de acuerdo a lo señalado en las presentes Bases de Licitación.

Estandar de resultado:

Para cada kilómetro fijo, se debe cumplir que la vía este disponible en, a lo menos, un 95,0, durante el mes “m”, y además, se debe cumplir que el promedio mensual de la disponibilidad de la vía, de todos los kilómetros fijos, sea, al menos, un 97,0.

Indicador de resultado:

Porcentaje mensual de disponibilidad de la vía

Metodo de constatacion: la calificación del nivel de indisponibilidad se determinara a partir de la cantidad de pistas cerradas que se informan a traves de los mensajes desplegados en los dispositivos de señalizacion variable respecto de la disponibilidad de las vías.

El inicio de un evento de indisponibilidad de la vía se determinara a partir del primer registro en cualquiera de los sistemas automatizados de control o canales de comunicación que disponga el Concesionario. Los eventos de indisponibilidad que requieran de la autorizacion de una autoridad competente previa a la ejecucion de las actividades de despeje de la vía, seran medidos a contar del momento en que se cuente con la debida autorizacion.

El término del evento de indisponibilidad de la vía se constatará a través de la Señalización Variable y estara determinado por la instrucción de despliegue de los mensajes que informen a los usuarios de la operacion normal de la vía.

Ante la ausencia de alguno de los registros mencionados anteriormente o, ante la ocurrencia simultanea de mas de un evento o, ante la presencia de una situacion que impida determinar con exactitud el momento de termino de uno o mas eventos de indisponibilidad, se recurrira como metodo alternativo de constatacion, a las cámaras de control de los Puntos de Cobro y las cámaras de circuito cerrado.

Si existe discrepancia, incertidumbre o ausencia de la información necesaria para la constatación del cumplimiento de este estandar de servicio, el Concesionario debera acreditar mediante sus propios medios de control, el inicio y termino de los eventos de indisponibilidad de la vía. En caso que el Concesionario no la pueda acreditar, se entendera que el Concesionario no cumple con este estándar de servicio.

2.1.2. España

Existen numerosas experiencias de aplicación de indicadores de calidad en concesiones de carreteras en España. Estas experiencias se han dado tanto en carreteras estatales como autonómicas o locales. De forma general se comprueba que existe una fuerte armonización en los indicadores de calidad empleados por unas y otras administraciones. Los indicadores que dichas administraciones utilizan con mayor frecuencia son: indicadores ligados a la accidentalidad de la carretera, indicadores ligados a la capacidad y al nivel de servicio de la carretera, e indicadores ligados al estado del pavimento (basicamente IRI y CRT). En algunos casos se han introducido indicadores ligados a la opinión de los usuarios, si bien es cierto que, aunque definidos en algunos pliegos, no hay de momento una experiencia suficiente en cuanto a su aplicación práctica, Monzón Hernández, Alesander (2017).

En este caso se presentan los indicadores relacionados con la movilidad del usuario.

2.1.2.1. Pliego de cláusulas administrativas particulares. Ministerio de Fomento (2007)

El pliego de cláusulas administrativas particulares del ministerio de fomento propone 41 indicadores para evaluar el desempeño de las concesiones viales, los cuales en su mayoría están enfocados a la conservación del patrimonio vial, pero también existen aquellos que se encargan de evaluar la operación durante la fase de explotación, especialmente enfocados a evaluar la movilidad y seguridad, los indicadores relacionados con la movilidad en las carreteras son los siguientes:

- Limpieza de la calzada y arcenes.
- Atención a incidentes y accidentes.
- Ocupación de carriles.
- Nivel de servicio.

Todos estos indicadores evalúan el desempeño operacional de la carretera, en especial, el indicador de ocupación de carril da a conocer como la concesionaria gestiona la indisponibilidad de sus vías debido a trabajos en la calzada.

2.1.2.1.1. Ocupación de carriles

Es un indicador que contabiliza longitudes de retención mayores de 200 metros con velocidad de circulación de los vehículos inferior a 40 km/h debido a cortes de carriles por parte del concesionario. La existencia de estos eventos conlleva a penalizaciones a la concesionaria.

2.1.2.2. Pliego de cláusulas administrativas particulares. Comunidades autónomas (2008)

Estos pliegos utilizan como base la propuesta del ministerio de fomento, pero cada comunidad autónoma agrega y modifica los indicadores como estime conveniente para obtener una evaluación representativa del desempeño de sus carreteras. Estos pliegos cuentan con indicadores tanto de condición como de operación, de estos últimos destacan los asociados a la movilidad en la carretera, estos son los siguientes:

- Indicador de reducción de velocidades medias.
- Indicador de congestión de la vía.
- Tiempo medio ponderado en colas.

Todos estos indicadores evalúan el desempeño operacional de la carretera, en especial, el indicador de reducción de velocidades medias de viaje da a conocer como la concesionaria gestiona la indisponibilidad de sus vías debido a trabajos en la calzada, accidente e incidentes, entre otros.

2.1.2.2.1. Reducción de velocidades medias

Es un indicador que evalúa la disminución temporal de capacidad y nivel de servicio de las vías, debido a eventos atribuibles a la concesionaria, las vías objeto de concesión para la aplicación de este indicador se clasifican en autovías y carretera de calzada única, las cuales se evalúan de la siguiente manera:

a) Tanto en calzadas de autovía como en los tramos de carretera de calzada única, a partir de los datos proporcionados por los equipos de conteo de tráfico, se obtendrá la intensidad de tráfico en las horas en las que la velocidad media de los vehículos ligeros sea inferior a 50 Km/h en cada uno de los equipos de conteo. La penalización por la disminución de nivel de servicio se calculará aplicando una reducción del 70 % al canon base de demanda correspondiente a todos los vehículos que hayan circulado por el tramo de influencia de la estación de conteo, en las horas en las que la velocidad media de los vehículos ligeros sea inferior a 50 Km/h.

b) En calzadas de autovía se obtendrá también la intensidad de tráfico en las horas en las que la velocidad media de los vehículos ligeros sea superior a 50 Km/h e inferior a 70 km/h en cada uno de los equipos de conteo. La penalización por la disminución de nivel de servicio se calculará aplicando una reducción del 30 % al canon base de demanda correspondiente a todos los vehículos que hayan circulado por el tramo de influencia de la estación de conteo, en las horas en las que la velocidad media de los vehículos ligeros sea superior a 50 Km/h e inferior a 70 km/h.

c) La penalización total en tramos de autovía por este concepto será la suma de las penalizaciones descritas en los epígrafes a) y b) anteriores

A partir de dichas velocidades medias obtenidas y utilizando las herramientas que proporcionan los elementos ITS instalados en las vías objeto de concesión, se pueden discernir las causas que producen esta disminución de las velocidades medias, estableciendo que disminuciones de velocidades medias son atribuibles al concesionario y provocan disminución de la tarifa.

2.1.3. Estados Unidos

El uso de indicadores de rendimiento en autopistas ha estado creciendo, prácticamente todas las agencias viales los utilizan para evaluar su desempeño respecto a los objetivos que se definen. En los últimos años, el tema del monitoreo del desempeño ha adquirido especial énfasis por las agencias de transporte, particularmente con respecto a la operación y administración del sistema. Simultáneamente, el despliegue de tecnologías de sistemas inteligentes de transporte (ITS) dan la capacidad de obtener una gran cantidad de datos para su análisis, facilitando en gran medida la evaluación del desempeño de las agencias.

Existen una gran cantidad de indicadores propuestos por diversos estudios y utilizados por las agencias, en todos los casos, estos pueden evaluar el desempeño de la condición de los activos que participan en una carretera o la operación misma de esta. Los indicadores asociados a la movilidad se presentan en los siguientes documentos:

2.1.3.1. NCHRP : Guide to Effective Freeway Performance Measurement: Final Report and Guidebook. (Margiotta, R., Lomax, T. J., et al, 2006)

Esta guía de indicadores de desempeño propone que la movilidad en las carreteras depende de diversos factores como se aprecia en la siguiente figura. Los tres factores principales son:

- Congestión recurrente: Es la congestión en situación de régimen, la cual depende directamente de la relación capacidad de la vía - flujo vehicular, por lo tanto, el concesionario no tiene la capacidad de influir en este factor, a menos que existan aumentos de obras.
- Congestión no recurrente: Es toda aquella congestión provocada por eventos que reducen temporalmente la capacidad de la vía, alguno de ellos gestionables por la concesionaria para su pronta solución.
- Eficiencia al responder a emergencias: Que la movilidad de los usuarios no se vea tan afectada durante eventos de reducción temporal de capacidad de la vía que sean gestionables por el concesionario, dependerá de los protocolos para despejar la vía propuestos en los planes de contingencia.

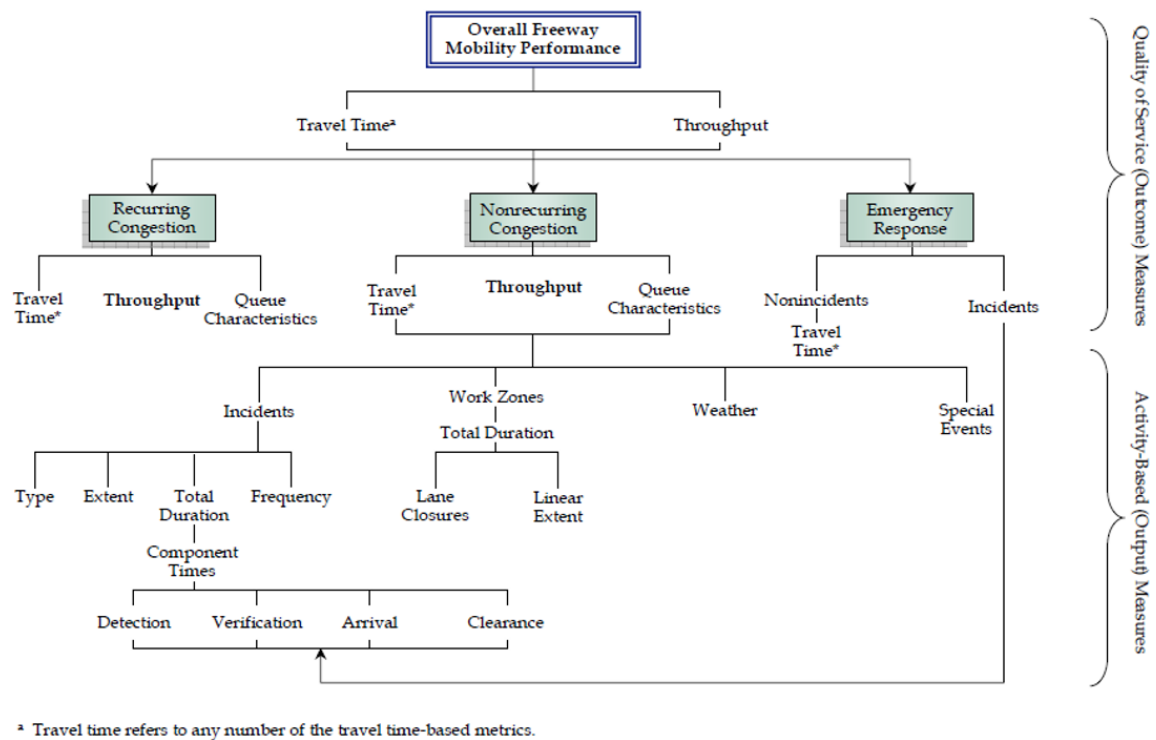


Figura 2.1.1: Esquema conceptual de los factores a considerar al evaluar la movilidad en carreteras.

Fuente: NCHRP: Guide to Effective Freeway Performance Measurement: Final Report and Guidebook, 2006

2.1.3.2. NCHRP 677: Development of levels of service for the interstate highway system (2010)

Este estudio realizado en 2010 propone un marco teórico para poder evaluar las carreteras mediante el concepto de nivel de servicio, este pone especial énfasis en la conservación del valor de los activos viales, para lo cual propone dividirlos en grupos de similares características y evaluarlos con indicadores de desempeño, pero además de esto incorpora otros objetivos estratégicos aparte de la conservación del patrimonio, estos son la movilidad y la seguridad, la movilidad se evalúa con los siguientes indicadores:

- Congestión. (nivel de servicio)
- Confiabilidad en los tiempos de viaje. (varianza en los tiempos de viaje para tramos establecidos)

2.1.3.3. Florida departament of transportation (2016)

El departamento de transporte de Florida, como también muchas otras agencias viales en Estados Unidos, evalúa el desempeño de su gestión mediante indicadores que responden a ciertos objetivos estratégicos, en este caso son: seguridad, preservación, movilidad, económicos y medio ambientales, para algunos de estos solo es necesario evaluar la condición de los activos participantes (mediante indicadores de desempeño) y para otros es necesario evaluar como la agencia gestiona la operación de la carretera, FDOT (2016), mediante indicadores operacionales, los cuales se muestran a continuación:

- Millas congestionadas.
- Número de viajes congestionados.
- Confiabilidad en los tiempos de viaje.
- Asistencia en ruta
- Tiempo de despeje de la vía

Todos estos indicadores están enfocados a medir el desempeño del departamento de transporte en la gestión para mejorar la movilidad de los usuarios que utilizan la carretera. El indicador más representativo es el de confiabilidad de los tiempos de viaje, ya que muestra la dispersión en los tiempos de viaje. El usuario busca que sus tiempos de viajes sean lo menos variables posibles, es decir, que el tiempo de viaje esperado sea muy similar al tiempo de viaje real.

2.1.3.3.1. Confiabilidad de los tiempos de viaje

En el departamento de transporte de Florida la definición de este indicador es el siguiente: La confiabilidad del tiempo de viaje es el porcentaje de viajes que ocurren a una velocidad cercana al límite de velocidad (± 5 mph la velocidad máxima del tramo de la carretera) en las autopistas durante los periodos de mayor congestión.

2.1.4. Australia

Austroads ha estado desarrollando e implementado indicadores de desempeño para Australia y Nueva Zelanda desde mediados de la década de 1990 (Austroads NPI, 2011). Proponen indicadores que abarcan las áreas de desempeño económico, social, de seguridad y ambiental de la carretera. Estos indicadores apoyan a las administraciones en Australia y Nueva Zelanda en la evaluación comparativa en el ámbito nacional e internacional, y en la identificación e implementación de mejores prácticas para administrar su red de carreteras (Austroads NPI, 2011). Los indicadores

que proponen para evaluar el desempeño de sus carreteras se divide según el objetivo estratégico que aborden, estos objetivos son: Seguridad de la carretera, gestión de activos, evaluación de programas, velocidad de viaje, razón de ocupación de las pistas, congestión y satisfacción del usuario.

2.1.4.1. Austroads performance indicators (2011)

Los indicadores con enfoque a la movilidad que propone Austroads son los siguientes:

- Variabilidad respecto a la velocidad máxima.
- Tiempo de viaje medio en 10 kilómetros.
- Confiabilidad en los tiempos de viaje.

En Australia se ocupa un concepto muy similar de confiabilidad en los tiempos de viaje al mostrado anteriormente. Al igual que en el caso anterior, este indicador no diferencia entre los aumentos de tiempo de viaje respecto al promedio que son atribuibles al concesionario y cuales no.

2.1.5. Canada

En 2009 se lleva a cabo una iniciativa representada por un proyecto de colaboración entre ingenieros de Canada y el National Research Council Canada sobre "Desarrollo de un marco para la evaluación del estado, el desempeño y la gestión de la infraestructura pública central de Canada"(CPI). En este proyecto se incluye la evaluación de carreteras, puentes y tránsito. En relación con el sector vial, se identificó una lista inicial de 32 indicadores claves de desempeño que se ajustaron a 12 criterios de evaluación (Impactos en la salud, impactos en la seguridad, impactos medioambientales, impactos económicos, calidad del servicio, accesibilidad al servicio, adaptabilidad, ciclo de vida del activo, conabilidad del servicio, capacidad y si se evalúa como activo o servicio). Además de estos 12 criterios de evaluación, los 32 indicadores se dividen en grupos dependiendo del objetivo estratégico que estén evaluando, estos son: Seguridad pública, salud Pública, movilidad, calidad del medio ambiente, equidad social y resultados económicos), Haas, R., Felio, G., Lounis, Z., & Falls, L. C. (2009, October).

2.1.5.1. Measurable performance indicators for roads:Canadian and international practice (2009)

Dentro de estos 32 indicadores los siguientes evalúan la movilidad de la carretera:

- Velocidad media/velocidad máxima.
- Número de pistas cerradas.
- Volumen actual de tráfico/capacidad de diseño.
- Tiempo de respuesta a accidentes.
- Número de días con calzada libre de hielo y nieve.

Todos los indicadores presentados evalúan de cierta manera la gestión realizada por la concesionaria para mantener en niveles óptimos la movilidad dentro de la carretera. En especial el indicador de velocidad media/velocidad máxima el cual entrega una buena aproximación de cuánto varía el tiempo estimado de viaje de los usuarios con el tiempo real.

2.1.6. Indicadores existentes para evaluar la movilidad

De la revisión de la literatura se aprecia que existen una gran cantidad de indicadores para evaluar la movilidad, con diferentes niveles de dificultad para obtenerlos, los más utilizados son los siguientes:

- Disponibilidad de la vía
- Ocupación de carril
- Reducción temporal de capacidad (reducción de velocidades medias)
- Confiabilidad en los tiempos de viaje
- Velocidad media/ velocidad máxima

Las actuales tecnologías presentes en las vías concesionadas, como sistemas de mensajería variable, CCTV, inductive loop detectors, entre otros, permiten obtener una gran cantidad de información de tiempos de viaje de los usuarios y de los eventos que interrumpen la disponibilidad de la vía (Bourne, J. S., et al., 2010).

Las agencias viales están utilizando la información disponible respecto a tiempos de viaje para desarrollar herramientas que monitoreen el desempeño de las carreteras en tiempo real, aprovechando la gran base de datos que se recolecta (Li, R. M., 2009).

Cada uno presenta sus ventajas y desventajas dependiendo del objetivo estratégico que se quiera evaluar de la movilidad. En este caso queremos evaluar la gestión que realiza la concesionaria para garantizar un óptimo servicio de movilidad. A continuación se presenta una comparación entre los indicadores.

Tabla 2.1.2: *Ventajas y desventajas de los distintos indicadores. Fuente: Elaboración propia.*

INDICADORES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Disponibilidad de la vía	Facil de medir. No necesita de personal profesional.	No mide directamente como se ve afectado el usuario. No da flexibilidad al concesionario para realizar intervenciones.
Ocupación de carril	Facil de medir. No necesita de personal profesional.	Solo evalúa las situaciones en donde hay obras en la calzada. No considera el efecto de la congestión recurrente.
Reducción de velocidades medias	Evalúa la operación de la concesionaria directamente. No considera la congestión recurrente. Evalúa el efecto hacia los usuario de manera directa. Da flexibilidad al concesionario de intervenir la vía mientras no afecte al usuario.	Requiere de un sistema informatico y de ITS robusto. Requiere de personal profesional. Los umbrales de velocidades medias son fijos, no es tan representativo
Confiabilidad en los tiempos de viaje	Facil de medir. No necesita de personal profesional. Mide directamente lo que le interesa al usuario.	No considera el efecto de la congestión recurrente. No evalúa directamente la gestión en la operación de la carretera.
Velocidad media / Velocidad máxima	Facil de medir. No necesita de personal profesional. Mide directamente lo que le interesa al usuario.	No considera el efecto de la congestión recurrente. No evalúa directamente la gestión en la operación de la carretera.

2.1.7. Elección de indicador

El usuario espera al transitar por una carretera concesionada espera que se le garantice su movilidad, es decir, tiempos de viaje óptimos y sin mucha variabilidad (Mehran, B., & Nakamura, H., 2009).

El indicador que se desarrolla tiene que ser capaz de medir los aumentos en los tiempos de viaje del usuario que sean responsabilidad de la gestión de la concesionaria.

El indicador propuesto está basado en la medición directa de la variable percibida por él usuario, el tiempo de viaje, cuyo desarrollo es posible porque existe la tecnología para medir de manera continua las velocidades y los eventos que interrumpen la disponibilidad de la vía, pudiéndose utilizar información histórica de las plazas de peaje (Qiang, S. H. E. N., 2012).

Dadas las ventajas y desventajas presentadas anteriormente, y para tener considerado tanto el tiempo de viaje como su variabilidad, el indicador propuesto es el siguiente: aumento porcentual de los tiempos de viaje medio diario, el cual calcula en promedio, cuanto aumentan los tiempos de viaje de los usuarios en un día específico, respecto a un día representativo.

Capítulo 3

Indicador: Aumento porcentual de los tiempos de viaje medios diarios

El indicador calcula el aumento porcentual de los tiempos de viajes medios que experimentan los usuarios viales por bloque horario respecto a una situación base (congestión recurrente), debido a eventos que reduzcan temporalmente la capacidad de la vía (congestión no recurrente) y que cuyas acciones para su recuperación sean atribuibles exclusivamente a la gestión de la agencia vial.

En la siguiente figura se presenta un esquema de la obtención conceptual del indicador.

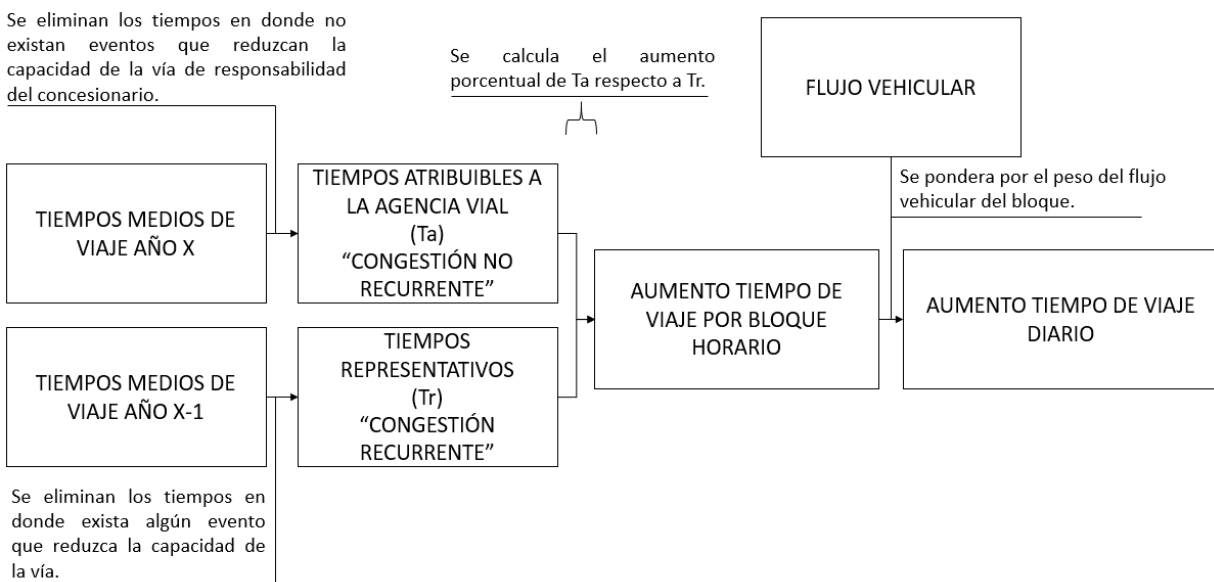


Figura 3.0.1: Esquema conceptual del indicador.

Fuente: Elaboración propia

3.1. Aumento en los tiempos medios de viaje

El indicador calcula el aumento porcentual de los tiempos de viaje medio de un bloque horario del año X con respecto a un tiempo de viaje representativo de ese mismo bloque horario del año X-1. En la siguiente figura se compara los tiempos de viaje de un día “i” del año X, en donde ocurrió un evento de indisponibilidad de la vía y los tiempos representativos del respectivo día en el año X-1. Se aprecia que existe un aumento en los tiempos de viaje respecto a la situación base, el cual es cuantificado mediante el indicador.

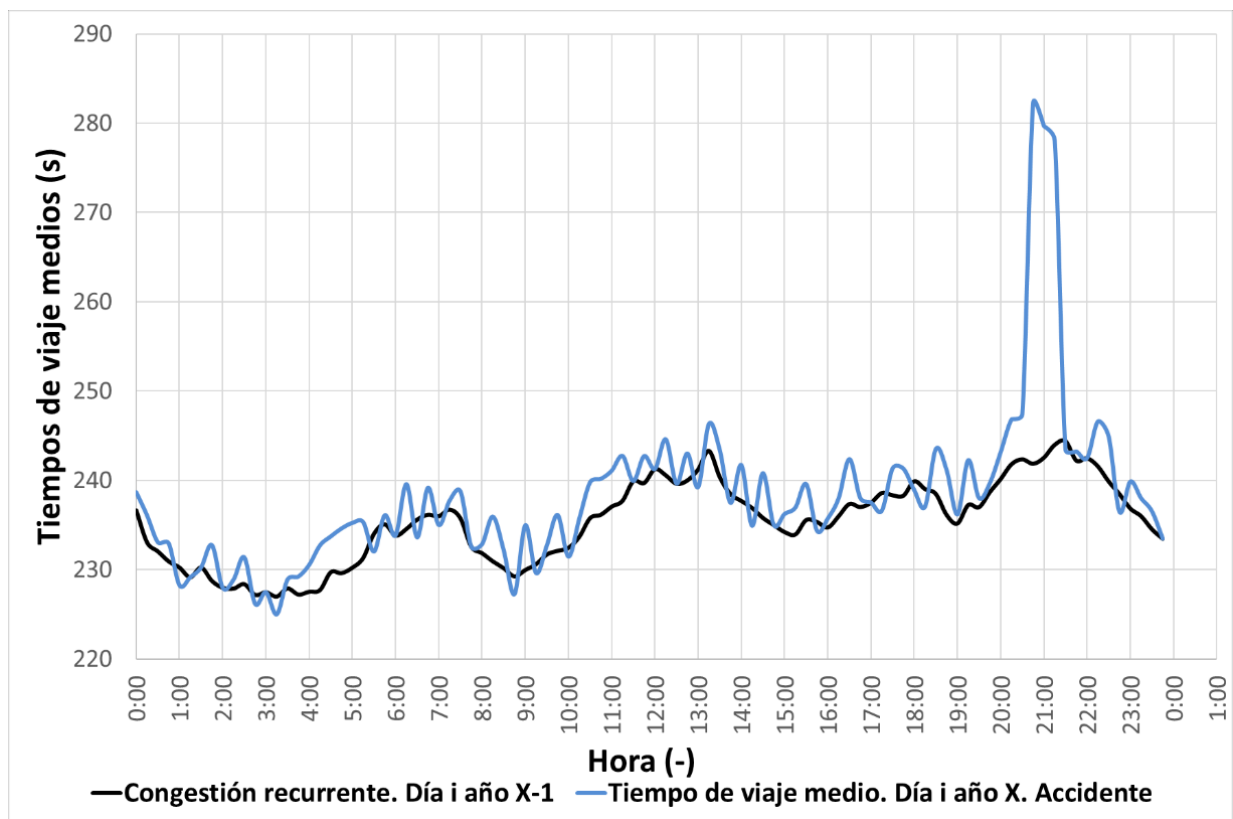


Figura 3.1.1: Congestión recurrente día i año X-1 v/s tiempos de viaje medio día i año X (Accidente ocurrido a las 20:30).

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de viaje para una configuración de carretera dada, dejando de lado el comportamiento del usuario, dependen de la relación capacidad - volumen de tránsito y de como la concesionaria gestiona los eventos de reducción temporal de capacidad. La primera se denominará como congestión recurrente, la cual está relacionada directamente con el nivel de servicio de la vía en situación de régimen, en donde no han ocurrido eventos que disminuyan la capacidad de

la vía; y la segunda como congestión no recurrente, la cual está relacionada con la eficiencia de la concesionaria al momento de solucionar eventos que afecten la disponibilidad de la vía, cabe destacar que no todos estos eventos son de exclusiva responsabilidad de la concesionaria, por lo tanto, es necesario definir explícitamente cuando si lo sean. En la siguiente figura se presenta los factores que afectan los tiempos de viaje.

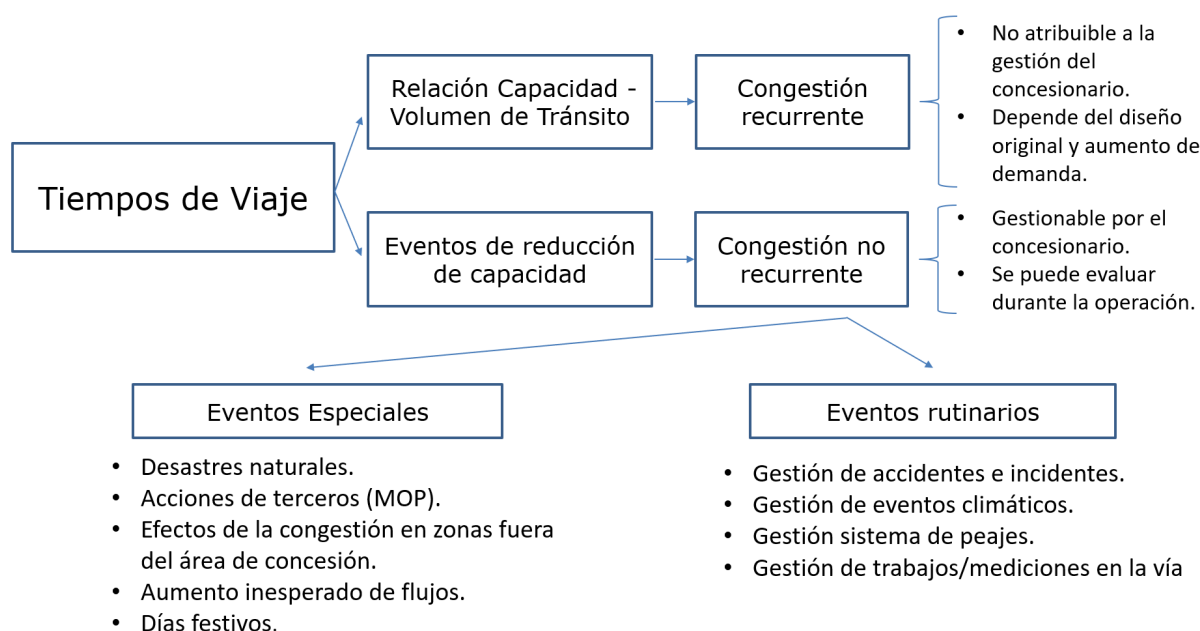


Figura 3.1.2: Factores que influyen en los tiempos de viaje.

Fuente: Elaboración propia

Congestión recurrente

La congestión recurrente es la situación base, es decir, representa la relación flujo vehicular - capacidad suponiendo que no existe ningún evento que reduzca la disponibilidad de la vía, con esta relación se obtiene las velocidades medias de circulación y los tiempos medios de viaje esperados para un flujo dado. En la siguiente figura se presenta el comportamiento del flujo vehicular para distintos estándares de carreteras. La congestión recurrente depende factores que no son gestionables directamente por la concesionaria, como lo son el trazado de la carretera, el flujo circulante, la densidad de salidas y accesos, entre otros, por lo tanto, cualquier evaluación a la concesionaria sobre tiempos de viaje tiene que considerarse desde la situación base dada por la relación capacidad-flujo vehicular.

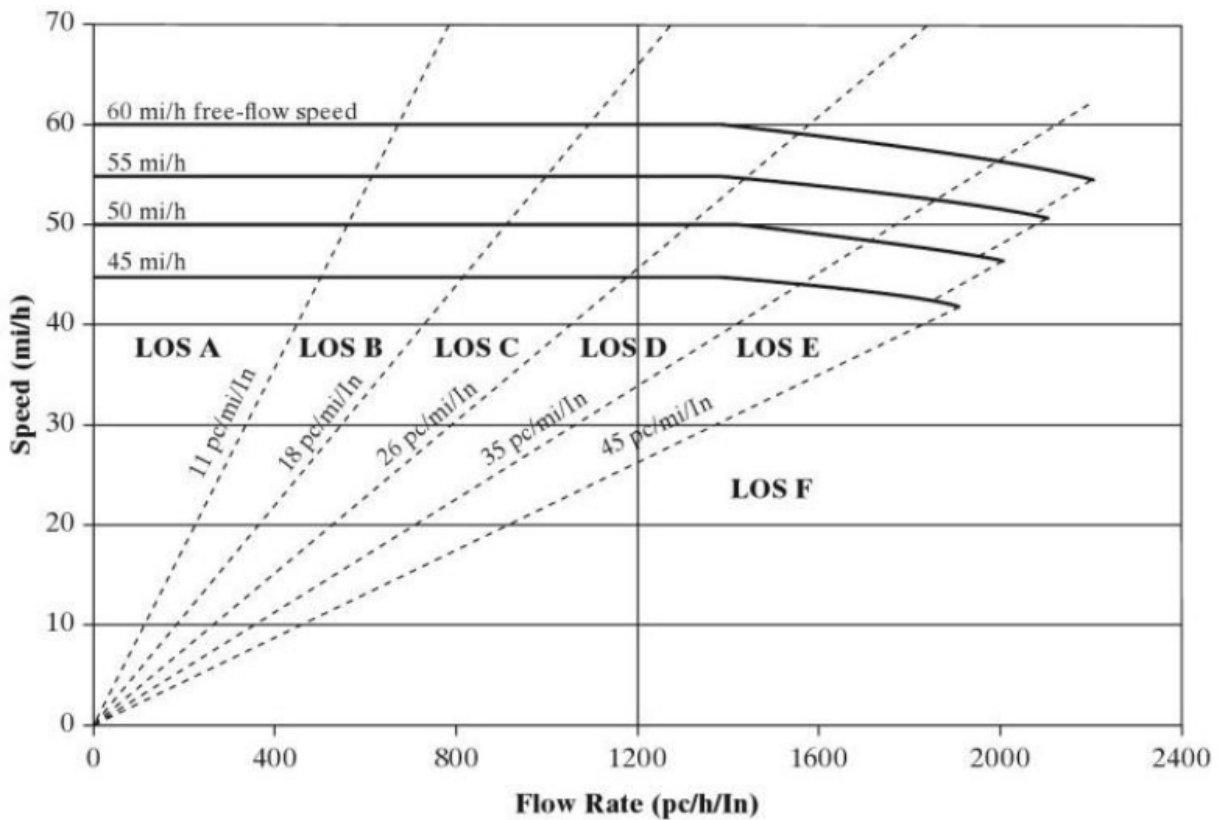


Figura 3.1.3: Curva de flujo vs velocidad de operación.

Fuente: Manual, H. C., 2016

Congestión no recurrente

La congestión no recurrente se produce por eventos que disminuyen la disponibilidad de la vía y provocan aumento en los tiempos de viaje a los usuarios, respecto a la congestión recurrente, este aumento es el que se busca evaluar mediante el indicador, pero para ello es necesario diferenciar los aumentos que pueden ser gestionados por la concesión y aquellos que no, siendo los primeros los que se evaluarán.

Se entenderá que los aumentos en los tiempos de viajes son atribuibles al concesionario, en los siguientes casos, sin que se considere este listado como taxativo:

a) Falta de integridad, inhabilitación de parte de la calzada y realización de obras sobre la calzada o que interrumpan la operación de esta.

b) Realización de mediciones, de las exigencias establecidas en las bases de licitación, en las periodicidades señaladas en las fichas técnicas de los distintos indicadores de desempeño.

c) Contingencias, accidentes y/o averías o de un vehículo que, en razón de ello, permanezca ocupando parte de la calzada y además no se cumplan los tiempos de despeje establecidos en el plan de atención de incidentes y accidentes. En el caso que se requiera de la autorización de autoridad competente para despejar la vía, el inicio de contabilización del tiempo de reducción de capacidad comenzará desde que se otorgue dicha autorización.

d) Eventos climaticos, en donde no se cumpla el plan de gestión de clima.

e) Eventos de congestión en las zonas de peajes, en donde no se cumpla el plan de gestión de sistemas de peaje.

El aumento en los tiempos de viaje no será atribuible a la concesionaria, cuando ocurra alguna de las siguientes situaciones, que para estos efectos se consideran exclusiones:

1. Intervención en la vía realizada por un tercero, por ejemplo, el Ministerio de Obra Públicas (MOP)
2. Eventos de fuerza mayor o caso fortuito.
3. Congestión en accesos a tramos ajenos a la concesionaria.
4. Operaciones obligatorias por parte de la concesionaria, por ejemplo, prueba de sistema contra incendios en túneles.
5. Aumentos inesperados y relevantes del flujo vehicular.

Para un tramo analizado, mientras esté ocurriendo uno de los casos atribuibles a la concesionaria, se considera que en ese tramo cualquier aumento en los tiempos de viaje es gestionable por el concesionario. Esto es para evitar que se incumplan condiciones durante casos de excepción.

Cada uno de los eventos mencionados anteriormente que alteren la disponibilidad de la vía deben cumplir con el plan de gestión de tráfico de manera copulativa mientras se esten solucionando con su respectivo procedimiento, en caso contrario se considera que no se cumplió y cualquier aumento de tiempo producido es de responsabilidad del concesionario, esto con el fin de evitar malas prácticas que puedan generar riesgos tanto a los usuarios como trabajadores para lograr los tiempos de reposición de cada evento.

Plan de gestión de tráfico

El concesionario deberá hacer entrega del respectivo plan de gestión de tráfico al inspector fiscal para cada sector establecido del proyecto, este tendrá un tiempo determinado para aceptarlo o pedir correcciones.

En el plan de gestión de tráfico la sociedad concesionaria deberá proponer, a fin de implementar a su entero cargo, costo y responsabilidad, las acciones a realizar durante eventos que afecten el flujo normal de los usuarios, los cuales pueden ser obras sobre la calzada, medición de algún parámetro técnico, labores de conservación, algún accidente o incidente, entre otros.

Cuando ocurra un evento en donde es necesario alterar el flujo normal de circulación, el concesionario debe tener en cuenta al menos lo siguiente:

a) Se deberá resguardar a los usuarios, tomando todas las medidas de seguridad necesarias que permitan un tránsito seguro por parte de vehículos, proveyendo, colocando y manteniendo señalización completa, que advierta a los usuarios, en forma oportuna, clara y precisa el funcionamiento de la ruta. Deberá tener presente el nivel, calidad, ubicación y mantención de la señalización según las normas vigentes de la dirección de vialidad.

Para la labor anterior, la Sociedad Concesionaria deberá considerar, a lo menos, los siguientes elementos:

- Delineadores con base individual abatible, con láminas reflectantes de alta intensidad.
- Conos de PVC o similar.
- Remolques transportables de señalización que incluyan lámparas halógenas y señales de advertencia, según corresponda.
- Balizas con dispositivos para ubicarlas en conos y/o delineadores.

b) Se deberá contar con el personal y equipamiento necesarios para implementar las labores de apoyo que resulten necesarias.

c) Se deberá dar aviso del funcionamiento de la ruta por medio de los paneles de mensajería variable de la concesión, sus horarios y condiciones de uso, para que el usuario pueda optimizar su ruta de viaje.

La Sociedad Concesionaria deberá actualizar anualmente dicho plan, de tal manera de ir incorporando situaciones no previstas al inicio de la etapa de explotación. Posteriormente este plan debe presentarse anualmente para la aprobación del inspector fiscal. Los plazos de revisión, corrección de observaciones y aprobación del plan se regirán por lo dispuesto las bases de licitación.

3.1.1. Aumentos en los tiempos de viaje atribuibles al concesionario

A continuación se presentan los eventos que producen aumento en los tiempos de viaje y que son gestionable por el concesionario:

3.1.1.1. Gestión zonas de trabajo y mediciones

3.1.1.1.1. Zonas de trabajos

La reducción temporal de capacidad de la vía debido a trabajos en la carretera siempre es de responsabilidad del concesionario, sin importar si los trabajos son de carácter correctivo o preventivo. Esto con el fin de incentivar el uso de mejores materiales de construcción y rehabilitación, lo cual permite reducir la cantidad de intervenciones necesarias durante la vida útil del pavimento, disminuyendo el número de veces que se ve afectado el libre desplazamiento del usuario.

3.1.1.1.2. Mediciones

La reducción temporal de capacidad de la vía debido a las mediciones que tiene que realizar la concesionaria para evaluar los indicadores de desempeño siempre es de su completa responsabilidad, sin importar si las mediciones estaban o no programadas. Con el fin de incentivar el uso de las tecnologías más avanzadas y eficientes al momento de medir.

3.1.1.2. Accidentes o contingencias

La reducción temporal de la capacidad de la vía debido a accidentes o contingencia será de responsabilidad del concesionario si es que no se cumple el plan de medidas de control de accidentes o contingencias. Por lo cual, la sociedad concesionaria deberá presentar al inspector fiscal para su aprobación, un plan de medidas de control de accidentes o contingencias para la etapa de explotación, el que deberá señalar la forma en que se intervendrá eficazmente ante los eventos que alteren el desarrollo normal de la operación.

El plan de medidas de control de accidentes o contingencias debe actualizarse anualmente en función de su desempeño durante el periodo anterior y las indicaciones del inspector fiscal. Esta actualización deberá ser presentada anualmente durante el mes que se estime conveniente, y los plazos de revisión, corrección de observaciones y aprobación se registrarán por lo dispuesto y establecido en las bases de licitación.

Este plan debe ser desarrollado conteniendo diferentes tipologías de incidentes; entre los cuales se encuentran: accidentes, choques, derrames, entre otros; proponiendo procedimientos operativos y medidas concretas de acción, respuesta, mitigación, reparación, información mediante señalización

variable del tipo de accidentes y rutas alternativas; y consideraciones ambientales, así como los alcances, sus respectivos diagramas de flujos y responsables.

Para lo anterior, la sociedad concesionaria, deberá implementar un sistema de vigilancia y comunicación que permita asegurar el cumplimiento de lo establecido. En el desarrollo del plan deberá detallar de manera precisa la operación y equipamiento del sistema de vigilancia, considerando, al menos, las situaciones y acciones señaladas en la tablas 3.1.1,3.1.2,3.1.3 y 3.1.4 :

Tabla 3.1.1: *Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 1*

CONTINGENCIAS	ACCIONES
Detenciones de vehículos en la vía	<ul style="list-style-type: none"> • El Centro de Control dará aviso de alerta a equipo de patrullaje para que se dirija al lugar. • El Equipo de Patrullaje determina la causa de la detención: desperfecto de vehículo, falta de combustible, emergencia médica, vehículo abandonado, otra, reportándola al Centro de Control. • De ser relevante el Centro de Control avisa al Inspector Fiscal de lo ocurrido, prosigue con procedimiento y medidas a implementar. • De ser necesario, implementar los desvíos de tránsito para permitir la circulación de los vehículos. • Restablecer las condiciones de tránsito normales cuando corresponda. • Si producto del evento ocurre un accidente en la vía se procederá a aplicar los planes de contingencia detallados específicamente para ese riesgo.
Accidentes en el Área de Concesión	<p>Una vez que el Centro de Control detecte el accidente, se deberán tomar las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aislar el lugar del accidente (cortes de tránsito, desvíos, señalización, etc., coordinados con Carabineros). • De ser necesario, implementar los desvíos de tránsito para permitir la circulación de los vehículos. • Dar aviso inmediato al Inspector Fiscal de lo ocurrido, sus consecuencias y las medidas a implementar. • Asegurarse que Carabineros, Bomberos y/o el Servicio Médico de Urgencia que corresponda, haya(n) sido inmediatamente informado(s) del accidente. • Asegurarse que los accidentados hayan sido rescatados y trasladados a centros de atención médica. • Disponer de equipos y maquinaria para despejar las posibles vías afectadas en el más breve plazo –una vez autorizado por Carabineros– para efectos de restaurar el tránsito vehicular, si corresponde. • Asegurarse que las compañías de seguros involucradas hayan sido avisadas. • Registrar el accidente en un formulario previamente definido. • Dar aviso a la gerencia del Concesionario y a los encargados de comunicaciones, quienes darán la información oficial a la prensa.

Tabla 3.1.2: *Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 2*

<p>Derrame de sustancias peligrosas- Almacenamiento</p>	<p>Si el derrame es menor (menos de un tambor) se procederá a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aislar y asegurar el lugar del accidente. • Determinar dentro de lo posible, la sustancia derramada. • Utilizar los elementos de contención de derrames pequeños –tapones - a fin de detener el vertimiento del producto. • Dar aviso inmediato al Inspector Fiscal de lo ocurrido, sus consecuencias y las medidas a implementar. • Se avisará al supervisor de operaciones, quien determinará las acciones a seguir para limpiar el área afectada. • Si existe un derrame hacia algún curso o masa de agua se deberá diseñar un plan de monitoreo de contingencia, a fin de revisar la calidad de las aguas a futuro. • Se mantendrá un registro –ficha-, indicando la información mínima que permita dimensionar el derrame producido. • Dar aviso a la gerencia del Concesionario y a los encargados de comunicaciones, quienes darán información oficial a la prensa. • El supervisor de operaciones comunicará semanalmente a la gerencia del proyecto y al Inspector Fiscal, la estadística de estos derrames. <p>Si el derrame es mayor (igual o más de un tambor) se procederá a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adoptar las medidas antes señaladas para derrames menores en cuanto procedan, verificando previamente que no se encuentren personas afectadas por el derrame ni trabajadores que hayan estado laborando en el área del accidente. • Si hay personas afectadas o trabajadores en la zona, se procederá a utilizar los elementos apropiados para resguardar primero la vida y salud de dichas personas. • El supervisor de operaciones determinará la necesidad de requerir servicios externos para contener el derrame (Bomberos, Carabineros, contratistas, etc.). • Registrar el accidente en un formulario previamente definido.
<p>Incendio en el Área de Concesión</p>	<p>Se aplican las mismas acciones de contingencia que para accidentes en el Área de Concesión y se organizará el equipo previamente entrenado para estos efectos.</p>

Tabla 3.1.3: *Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 3*

Explosión	<ul style="list-style-type: none"> • Dar aviso inmediato al Inspector Fiscal de lo ocurrido y las medidas a implementar. • Aislar y asegurar el lugar del accidente, debiendo disponer el corte de tráfico en ambos sentidos, mientras se determina la gravedad del incidente. • Asegurarse que Bomberos, Carabineros y/o el Servicio Médico de Urgencia que corresponda, hayan sido inmediatamente informados. • Si hay personas heridas, se procederá a darle atención de urgencia y enviarlas de inmediato al hospital, clínica o consultorio más cercano. • Se prohibirá el paso a personas no involucradas en las labores de salvamento al área afectada. • Si producto de la explosión ocurre un incendio o derrames, se procederá a aplicar los planes de contingencia detallados específicamente para estos riesgos. • Dar aviso a la gerencia del Concesionario y a los encargados de comunicaciones, quienes darán la información oficial a la prensa.
-----------	---

Tabla 3.1.4: *Situaciones mínimas a cubrir y acciones correspondientes. MOP (2018). Parte 4*

Corte de Puentes y Estructuras Afines	<ul style="list-style-type: none"> • Aislar el lugar del accidente (cortes de tránsito, desvíos, señalización, etc., coordinados con Carabineros). • Dar aviso inmediato al Inspector Fiscal de lo ocurrido y las medidas a implementar. • Asegurarse que Carabineros, Bomberos y/o el Servicio Médico de Urgencia que corresponda, haya(n) sido informado(s) del accidente. • Asegurarse que los accidentados hayan sido rescatados y trasladados a centros de atención médica. • Dar aviso a la gerencia del Concesionario y a los encargados de comunicaciones, quienes darán la información oficial a la prensa.
---------------------------------------	---

Para cada una de las contingencias se deben establecer tiempo aceptables de reposición de la disponibilidad de la vía desde el momento en que llega el servicio de asistencia en ruta, en el caso que se necesite el permiso de la autoridad competente para comenzar a operar los planes, el tiempos de reposición empieza a contar desde ese visto bueno.

3.1.1.2.1. Servicio de asistencia en ruta

Será obligación del Concesionario, bajo su entero cargo, costo y responsabilidad, detectar oportunamente accidentes o vehículos con problemas en la vía, tomar las medidas de seguridad que sean necesarias de acuerdo a los procedimientos establecidos en el “Plan de medidas de control

de contingencias o accidentes durante la Etapa de Explotación”, según las respectivas bases de licitación y prestar auxilio en forma rápida y eficaz. El Concesionario deberá responder a todas las solicitudes de asistencia en ruta y asegurar la atención de cualquier emergencia en un tiempo máximo a definir por las características de la carreteras, contados desde el momento que el concesionario detecta o es notificado de la emergencia hasta que llega al lugar del evento. Además dentro del plan se establecerá el tiempo de despeje de la vía máximo aceptable para los distintos tipos de accidentes y contingencias, cuyo cumplimiento o incumplimiento define si el aumento en el tiempo de viaje es atribuible a la concesionaria, en el caso que el tiempo de reposición de la disponibilidad de la vía exceda lo establecido en el plan, se considerará que el aumento producido en el tiempo de viaje medio es atribuible al concesionario desde el momento en que se cumple el tiempo límite.

El Concesionario se responsabilizará de la eficiencia, oportunidad y buena atención en caso de cualquier evento fortuito como accidentes, vehículos detenidos u otros. La Sociedad Concesionaria actuará en coordinación con Carabineros, Centros Asistenciales y/o Bomberos según corresponda, a quienes dará aviso de inmediato, y deberá acudir prontamente con todo el equipo necesario según las características del hecho ocurrido, restableciendo lo antes posible la circulación normal del tránsito y disponibilidad plena de la vía.

Para la prestación del servicio de asistencia en ruta la sociedad concesionaria deberá implementar, a lo menos, las siguientes medidas:

- Rescate, prestación oportuna y eficaz de primeros auxilios a personas accidentadas.
- Rescate y auxilio de vehículos accidentados o con fallas mecánicas o de combustible, los cuales serán remolcados al Área de Atención de Emergencias, para que sean posteriormente retirados por sus propietarios.

Método de Constatación: corresponde a los registros almacenados en el centro de control de datos de la concesión. Para controlar esta información se utiliza el registro horario del inicio y fin del tiempo de respuesta de cada accidente o incidente; y el registro horario del inicio del despeje de la vía (una vez autorizado por la autoridad competente) y el fin del despeje.

3.1.1.3. Eventos climaticos

El Concesionario deberá entregar un plan de gestión de clima, que asegure las condiciones de operatividad y transitabilidad tanto vehicular como peatonal durante eventos climáticos que reduzcan la capacidad de la vía y/o provoquen inseguridad al transitar, a más tardar 15 (quince) días contados desde el día de entrega de la infraestructura para revisión del inspector fiscal.

El plan debe contener como se opera la carretera durante los siguientes eventos climatológicos:

- 1) Nieve y/o hielo
- 2) Lluvia
- 3) Neblina
- 4) Polvo en suspensión

Para cada uno de los eventos antes mencionados, el plan debe contener el procedimiento para informar oportunamente la ocurrencia de estos mediante señalización variable, dando oportunidad al usuario que transita por la vía a optimizar su recorrido y además garantizar su seguridad durante el evento climático. El inspector fiscal define cual es el tiempo de respuesta óptimo para informar al usuario, dependiendo de las características de la carretera.

El concesionario debe contar con el equipamiento suficiente para poder monitorear los cuatro (4) eventos climatológicos en toda la extensión de la concesión, de manera continua y con una precisión mínima de $\pm 10\%$ RMSE.

A continuación se presenta lo mínimo con lo que el plan de gestión de clima debe contar para cada tipo de evento climatológico:

3.1.1.3.1. Nieve y/o hielo

El plan de gestión de clima debe contar con las acciones pertinentes para garantizar el despeje de nieve y control de formación de hielo durante toda la etapa de explotación, destinado a mantener una circulación expedita y segura del tránsito de los usuarios a lo largo de toda la vía. La sociedad concesionaria deberá realizar los trabajos necesarios para garantizar el despeje de nieve y control de formación de hielo, dando cumplimiento a las exigencias que se establecen en el plan

Para efectuar las adecuadas labores de despeje de nieve y control de formación de hielo, la sociedad concesionaria deberá presentar dentro de su plan, el detalle de todas las acciones que realizará sobre las rutas que forman parte del área de la concesión.

El plan debe indicar, entre otros temas:

- Procedimientos de despeje de nieve en la ruta indicando las vías y sentidos que tienen prioridad y en general los circuitos de recorrido de la maquinaria en toda el área de concesión, para eventos de nevadas de distinta magnitud; así como para evitar la formación de hielo en la ruta.
- Sistemas de alerta al usuario sobre cantidad de nieve y presencia de hielo en las rutas, la necesidad de porte de cadenas y áreas habilitadas para la colocación y retiro de las mismas, a través de paneles de mensajería variable.

- Acciones que se realizarán para el despeje de nieve y hielo, así como los tiempos en que dará inicio a dichas acciones por parte de la sociedad concesionaria.
- Acciones que se realizarán para evitar la formación de hielo en la ruta.

Despeje de nieve

El Concesionario tiene la obligación de controlar la acumulación de nieve sobre la ruta durante todo el año calendario, a lo largo y ancho de la calzada durante toda la etapa de explotación, realizando los trabajos de despeje necesarios a fin de permitir el tránsito seguro de los usuarios, para lo cual deberá cumplir con las siguientes exigencias mínimas:

- Cada vez que el nivel de nieve sobre la calzada sobrepase el umbral de 10 cm de altura en cualquier lugar del trazado, la ruta deberá encontrarse despejada de nieve en el plazo máximo de 2 horas contadas desde su detección.
- Cada vez que ocurra un evento de nevazón intensa, la ruta deberá encontrarse despejada de nieve en un plazo máximo de 2 horas desde que haya cesado el evento de nevazón intensa. Se entenderá por nevazón intensa aquella que supere los 5 cm de nieve acumulada por hora.

En caso que las condiciones climáticas y de seguridad no permitan la realización de los trabajos de despeje de nieve, lo que será calificado por el inspector fiscal previa comunicación por parte de la sociedad concesionaria, los plazos antes indicados comenzarán a regir una vez que se cuente con las condiciones climáticas y de seguridad necesarias para la realización de dichos trabajos.

Control de formación de hielo

El Concesionario tiene la obligación de controlar la formación y presencia de hielo sobre la ruta durante todo el año calendario, a lo largo y ancho de la calzada durante toda la etapa de explotación, realizando los trabajos de control de formación y despeje de hielo necesarios a fin de permitir el tránsito seguro de los usuarios, para lo cual deberá cumplir con las siguientes exigencias mínimas:

- Cada vez que se detecten las condiciones climáticas responsables de la formación de hielo sobre la calzada, la sociedad concesionaria deberá realizar las labores conducentes a la prevención de formación de hielo, así como también informar a los usuarios de las precauciones necesarias para la circulación segura, a través de paneles de mensajería variable.
- Cada vez que se detecte la presencia de hielo sobre cualquier punto de la calzada, se deberán realizar las acciones necesarias para su despeje, debiendo encontrarse la ruta libre de hielo en el plazo máximo de 2 horas contados desde su detección.

En caso que las condiciones climáticas y de seguridad no permitan la realización de los trabajos de despeje o control de formación de hielo, lo que será calificado por el inspector fiscal previa comunicación por parte de la Sociedad Concesionaria, los plazos antes indicados comenzarán a regir

una vez que se cuente con las condiciones climáticas y de seguridad necesarias para la realización de dichos trabajos por parte de la Sociedad Concesionaria.

Los registros de inicio y término de los eventos climáticos, como los de inicio y término de acciones de despeje quedarán registrados en la bitácora del sistema de mensajería variable para su utilización en el cálculo del indicador, para determinar la responsabilidad de la concesionaria en el caso de existir aumentos en los tiempos de viaje debido a eventos climatológicos; y para la verificación de la información por parte del inspector fiscal.

3.1.1.3.2. Lluvia

La concesionaria debe contar con un sistema de detección y medición de la intensidad lluvia que sea capaz de alertar al usuario sobre la cantidad precipitaciones próximas en las ruta y los cuidados que debe tener al conducir y posibles desvíos, a través de paneles de mensajería variable. Esta información tiene que ser correcta y oportuna. Los registros de inicio y término de los eventos climáticos serán registrados en la bitácora del sistema de mensajería variable para su uso en el cálculo del indicador.

En el caso que la intensidad de la lluvia sea lo suficientemente importante y sea capaz de reducir temporalmente la capacidad de la vía (Manual, H. C., 2016), el aumento en el tiempo de viaje producido deja de ser atribuible al concesionario, siempre y cuando haya informado oportunamente a los usuarios del evento.

3.1.1.3.3. Neblina

La concesionaria debe contar con un sistema de detección y medición de la intensidad de neblina que sea capaz de alertar al usuario sobre la condición de visibilidad próxima en las ruta debido a la neblina y los cuidados que debe tener al conducir, a través de paneles de mensajería variable. Esta información tiene que ser correcta y oportuna. Los registros de inicio y término de los eventos climáticos serán registrados en la bitácora del sistema de mensajería variable para su uso en el cálculo del indicador.

3.1.1.3.4. Polvo en suspensión

La concesionaria debe contar con un sistema de detección y medición de la concentración de partículas en suspensión que sea capaz de alertar al usuario sobre la condición de visibilidad próxima en las ruta debido al polvo y los cuidados que debe tener al conducir, a través de paneles de mensajería variable. Esta información tiene que ser correcta y oportuna. Los registros de inicio y término de los eventos climáticos serán registrados en la bitácora del sistema de mensajería variable para su uso en el cálculo del indicador.

3.1.2. Aumentos en los tiempos de viaje no atribuibles al concesionario

A continuación se caracterizan las situaciones en donde los aumentos de tiempo de viaje respecto a la situación base no son atribuibles al concesionario, por lo tanto, no se incluirán en la evaluación del indicador:

3.1.2.1. Acciones de terceros

En caso que se requiera otorgar permisos a municipalidades, organismos fiscales, empresas o particulares que necesiten hacer en la vía obras que exijan su ocupación o intervención, el MOP procederá a comunicar esta situación al concesionario para que éste se pronuncie, en el plazo máximo de 30 (treinta) días, acerca de cuál es la mejor oportunidad para realizar los trabajos. El MOP, si es que procede, autorizará la ejecución de las obras teniendo en cuenta las recomendaciones del Concesionario en cuanto a la oportunidad para realizar las obras. No obstante lo anterior, el MOP podrá autorizar directamente los casos que califique como urgentes, informando a la sociedad concesionaria.

En todo caso, los costos de tales obras, incluyendo los desvíos de tránsito, los que deberán estar definidos por la sociedad concesionaria y aprobados por el inspector fiscal, según la normativa vigente, serán por cuenta de dichos terceros, quienes deberán asegurar la reposición de la vía a las condiciones anteriores a la realización de dichas obras. Asimismo, el tercero deberá compensar a la sociedad concesionaria por cualquier pérdida de ingresos que hubiera ocasionado en la concesión. El concesionario está en la obligación de informar oportunamente al usuario para que este pueda optimizar su ruta y evite aumentos en su tiempo de viaje.

3.1.2.2. Desastres naturales

Se define como desastre natural el imprevisto que no es posible de resistir, como un terremoto, tormentas, aludes, etc. Estos eventos se encuentran definidos en las bases de licitación. El concesionario deberá al menos realizar las acciones presentes en la Tabla 3.1.5 durante un desastre natural, teniendo presente que cualquier aumento en los tiempos de viaje debido al desastre no es atribuible a la gestión del administrador. Cualquiera sea el evento natural, se tiene que avisar oportunamente al usuario para que este pueda optimizar su ruta y evite aumentos en su tiempo de viaje.

Tabla 3.1.5: *Acciones mínimas durante un evento natural. MOP (2018).*

Eventos naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Dar aviso inmediato al Inspector Fiscal. • Si hay personas heridas, se procederá a darles atención de urgencia y enviarlas de inmediato al hospital, clínica o consultorio más cercano. • Se prohibirá el paso a personas no involucradas en las labores de salvamento al área afectada. • Si producto del evento ocurre un incendio o derrames, se procederá a aplicar los planes de contingencia detallados específicamente para estos riesgos. • Las oficinas deberán contar con un equipo de generación eléctrica y teléfono satelital o similar, debidamente instalados y operativos que permitan mantener el funcionamiento normal de las instalaciones del Inspector Fiscal en caso de suceder desastres naturales o similares. • Dar aviso a la gerencia del Concesionario y a los encargados de comunicaciones, quienes darán la información oficial a la prensa.
-------------------	---

3.1.2.3. Accesos a tramos ajenos a la concesión

Cuando se genera congestión en las salidas de la concesión, se produce un evento de reducción temporal de la capacidad de la vía, que solo son atribuibles al concesionario si la carretera a la cual se está ingresando está acargo de la misma sociedad concesionaria. Cualquiera sea el caso se tiene que avisar oportunamente al usuario para que este pueda optimizar su ruta y evite aumentos en su tiempo de viaje.

3.1.2.4. Operaciones obligatorias

En el caso de que existan operaciones de carácter obligatorias para la concesionaria durante la etapa de explotación y sea inevitable su realización, el aumento en el tiempo de viaje que pueda producir no se considerará atribuible al concesionario, ya que no tiene poder de gestión sobre ella. Un ejemplo de este tipo de operaciones son los simulacros de incendio de túneles, en donde es necesario cerrar en su totalidad el túnel para poder desarrollar el simulacro y evaluar el comportamiento de los planes de acción. En este igualmente se tiene que avisar oportunamente al usuario para que este pueda optimizar su ruta y evite aumentos en su tiempo de viaje.

3.1.2.5. Aumento inesperado y relevante del flujo vehicular

Cuando se produce un aumento inesperado y considerable en el flujo vehicular debido a situaciones ajenas a la concesionaria, tales como, días festivos, eventos recreativos masivos, cierre de

vías alternativas, entre otros, crecen los tiempos de viaje respecto a la situación base, lo cual no es atribuible a la concesionaría, ya que la disminución de la velocidad se debe a la capacidad de la vía. Para ello en la sección 3.2.2, se desarrolla la metodología para obtener los flujos vehiculares representativos para cada bloque del día y así poder analizar si la causa del aumento es por el incremento del flujo vehicular.

Considerando el porcentaje de flujo promedio que es necesario que se aumente para pasar de un nivel de servicio a otro según el High Capacity Manual (2010), se propone un valor límite del 20 % de aumento de flujo vehicular respecto al al flujo representativo (Patrón), es decir, si un flujo es mayor en un veinte por ciento a su valor representativo, entonces el aumento en el tiempo de viaje que se pueda producir no es de responsabilidad del concesionario.

3.2. Metodología y equipos de medición

El indicador técnico busca medir el aumento de tiempos medio de viajes respecto a una situación base debido a eventos que reduzcan temporalmente la capacidad de la vía y que sean de responsabilidad de la concesionaria.

El indicador se mide entre tramos de tránsito relativamente homogéneos, es decir, donde el flujo circulante se mantiene constante (no existe incorporación o salida importante de vehículos), para que el tiempo de viaje medio base (congestión recurrente) sea realmente representativo y refleje la relación capacidad - flujo vehicular. Por ello se propone evaluar el indicador para tramos que se encuentren entre entradas y/o salidas consecutivas de la carretera, en donde exista un cambio relevante del flujo, como primera aproximación, los tramos pueden comprender entre los porticos de peaje a emplazar que indique el estudio económico. El indicador calcula el aumento porcentual de los tiempos medios de viaje con respecto a un tiempo de viaje base, que de ahora en adelante se denomina patrón de tiempos de viaje, el cual se calcula considerando la congestión recurrente, es decir, el tránsito circulante en condiciones normales, donde no existan eventos que interrumpan la libre circulación que provoquen aumentos en los tiempos de viaje, eventos definidos en la sección 3.1, también se excluyen situaciones en donde el flujo vehicular aumenta considerablemente debido a agentes externos a la concesionaria.

El patrón de tiempos de viaje se tendrá que definir por bloque horario y según temporada del año, ya que como se menciona anteriormente, este depende directamente del flujo circulante, por lo cual, es necesario discretizar de tal manera que se represente correctamente la relación capacidad de la vía - flujo vehicular, sobre la cual se evaluará el indicador.

Para medir el indicador se desarrollan metodologías para obtener el patrón de tiempos de viaje en la sección 3.2.2.1 y para el patrón de flujos vehiculares en la sección 3.2.2, ambos íntimamente relacionados. El indicador medirá el aumento de los tiempos de viaje medio de un tramo de la concesión respecto al tiempo de viaje medio representativo (patrón de tiempos de viaje) obtenido a partir de la información de velocidades de circulación del año anterior de ese mismo tramo y ese mismo bloque horario considerado, por lo tanto, los patrones se tendrán que obtener año a año, para actualizar la situación base real en la cual se encuentra la concesionaria, quitándole así la responsabilidad de los aumentos en los tiempos de viaje debido al incremento del parque automotriz.

El concesionario debe desarrollar un software a nombre del ente controlador, el cual debe ser capaz de obtener ambos patrones, este debe de entregarse antes de la puesta en marcha de la concesión, para que en el momento en que comience, se pueda ir obteniendo información para la obtención de los patrones que se utilizarán de base para evaluar el desempeño del año siguiente. De lo anterior se desprende que para la evaluación de este indicador es necesario realizar una marcha blanca para la obtención de datos, al menos es necesario un año en donde solo se mida la información y no se realice evaluación del valor en juego movilidad.

3.2.1. Equipo de medición

3.2.1.1. Medición de tiempos de viaje y flujos vehiculares

Para la medición del indicador es necesario contar con sistema de peaje tipo free-flow, cuyos pórticos de peajes esten ubicados en la entrada y salida de cada tramo que compone la carretera. Estos sistemas cuentan con sensores tipo TRX, los cuales realizan la lectura del tag y efectúan el cobro respectivo, este cobro queda registrado con la patente del automóvil y la fecha exacta de su realización. Con esta información se calcula el tiempo de viaje de cada automovil, y mediante un promedio aritmético de todos los automoviles que circulan por un tramo de carretera durante unidades de tiempo de quince (15) minutos, se obtiene los tiempos medios de viaje, en el caso que se estime conveniente la utilización de tramos más pequeños que los entre porticos, es necesario la instalación de espiras dentro del pavimento en puntos representativos del tramo para obtener la velocidad media de circulación. Esta información se utiliza tanto para obtener el patrón de tiempo de viaje como el de flujo.

Además del equipo de medición para obtener tiempos de viaje y flujos, es necesario contar con un sistema de control capaz de discriminar entre todos los eventos mencionados en la sección 3.1, para que en los bloques horarios en donde haya ocurrido algún evento que interrumpa el normal funcionamiento de la carretera, no se considere el tiempo medio de viaje obtenido y así no influya en el cálculo del patrón de tiempos de viaje.

3.2.1.2. Mediciones de eventos y gestión de la concesionaria (sistema de control)

El sistema de control son todos aquellos elementos de gestión que son transversales a la operación de la carretera y que son fundamentales en la obtención de información para determinar las acciones que realiza la concesionaria para mantener el buen servicio de la carretera, en este caso en particular, garantizar la movilidad de los usuarios.

Entre estos elementos se encuentran:

- Centro de control de información
- Sincronismo horario
- Señalización variable

3.2.1.2.1. Centro de control de información

La sociedad concesionaria deberá proyectar un centro de control que permita monitorear y controlar en tiempo real todos los sistemas de la concesión, durante las 24 horas del día y todos los días del año, en especial los que tengan relación con la medición del indicador de movilidad, ya que es un indicador dinámico y necesita de una medición continua.

El centro de control, mediante un sistema de control integrado, debe recoger toda la información procedente de las instalaciones fijas y deberá garantizar la continuidad de la operación, vigilancia y actuación principalmente de los sistemas indicados en las bases de licitación, incluso ante fallas del sistema de control frente a emergencias. El funcionamiento del centro de control deberá ser permanente con mando automático y/o manual, según sea el caso.

La integración de todos los sistemas, bajo este sistema de control, deberá considerar, al menos, lo siguiente:

a) Control de todos los sistemas desde un único puesto de operación.

b) Adecuación de la señalización a las condiciones reales del tránsito (limitación de velocidad en función de las condiciones de visibilidad o del tráfico en cada momento). Toda la información desplegada por la mensajería variable se origina desde el centro de control y es almacenada en bitácoras.

c) Enclavamiento automático de cámaras de circuito cerrado de televisión (CCTV) y grabación de la imagen captada ante detección de peatones o ciclistas, detección de incidencias de tráfico, presencia de humos, llamadas de teléfonos S.O.S., entre otros. Estas cámaras deberán ser instaladas en puntos específicos que permitan el monitoreo de toda el área de concesión. El emplazamiento definitivo será definido por la sociedad concesionaria durante el desarrollo del proyecto de ingeniería de detalle. El tiempo requerido de almacenamiento de las grabaciones debe ser como mínimo de 6 (seis) meses, para que la inspección fiscal verifique la veracidad de la información entregada en el caso que lo estime conveniente. Todos los datos e imágenes que estén asociadas a accidentes con lesionados y/o muertos, así como cualquiera otra situación que defina el inspector fiscal, deberán almacenarse hasta que éste autorice su eliminación, esto con el fin de verificar si la información desplegada por la concesionaria es fidedigna.

El centro de control de información debe garantizar el registro de todos los eventos, acciones y alarmas ocurridas en una base de datos única, con sistema de auditoría que permita al inspector fiscal detectar modificaciones a los registros, así como las acciones realizadas por el centro de control.

d) Envío de vehículos de emergencia y asistencia a los usuarios, activando los protocolos de emergencia.

e) Planes de contingencia prefijados (automáticos) y que el operador activará manualmente según sea la situación, con sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) mediante interfaces HMI o similares que permitan un eficaz monitoreo en el área de concesión.

Dicha interface deberá permitir obtener en todo momento una visión general del estado de funcionamiento de todos los sistemas con énfasis en los sistemas ante emergencia, con capacidad de revisar sus parámetros más relevantes de funcionamiento y modificar su estado de operación. Complementariamente el sistema debe emitir señales de atención o alarma, según sea el caso, para los operadores sugiriéndole los protocolos predefinidos para dicho evento. Además permitirá registrar estadísticas, suministrar informes y gráficas de control.

f) Coordinación de labores de rescate efectuadas tanto por la sociedad concesionaria como por servicios públicos de emergencias (Bomberos, SAMU, Carabineros, etc.).

Adicionalmente la Sociedad Concesionaria deberá implementar, al menos 2 (dos) enlaces de datos e imágenes, 1 (uno) con la oficina del inspector fiscal, mientras que el otro será indicado por el inspector fiscal. Estos enlaces deberán permitir revisar en tiempo real imágenes de las cámaras instaladas en toda el área de concesión. Para lo anterior, el inspector fiscal deberá disponer, como mínimo, de la visualización de 4 (cuatro) cámaras de manera simultánea, esto con el fin de garantizar que la concesionaria entrega la información de manera correcta y oportuna en los casos de eventos que afecten la normal circulación del usuario. Estos enlaces deberán ser implementados y mantenidos a entero cargo, costo y responsabilidad de la sociedad concesionaria.

3.2.1.2.2. Sincronismo horario

Durante toda la Concesión, todos los sistemas y todo el equipamiento de cualquier naturaleza que utilicen marcas de tiempo para el desarrollo de sus procesos en apoyo a la operación de la Concesión, en especial: el Sistema BIM, el Centro de Control, el Sistema Electrónico de Cobro y el Sistema SIC-NS , todos artículos de las Bases de Licitación, deberán estar sincronizados, con una desviación máxima de 5 (cinco) segundos, al reloj de la Hora Oficial de la República de Chile, en hora local o Tiempo Universal Coordinado (UTC), según corresponda, por algún medio de sincronismo al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, o el organismo que lo reemplace para estos efectos. Esta obligación regirá también respecto de todos aquellos equipos y sistemas que sean incorporados a la Concesión durante la Etapa de Explotación.

El sincronismo horario es fundamental para poder obtener los tiempos medios de viajes de los usuarios entre porticos de peaje y lograr calcular el aumento medio en los tiempos de viaje debido a eventos de reducción de capacidad temporal de la vía atribuibles al concesionario.

El incumplimiento de la obligación señalada en el presente artículo hará incurrir a la Sociedad Concesionaria en la multa que se establezca según lo dispuesto en las bases de licitación.

3.2.1.2.3. Señalización variable

La señalización variable es un elemento fundamental en el apoyo a la operación de la vía, resulta efectiva en términos de gestión del tráfico en la medida que existan criterios claros y precisos respecto del contenido y la oportunidad en que el mensaje debe ser desplegado.

En dicho contexto, y cumpliendo con lo dispuesto en las bases de licitación, el concesionario deberá diseñar, construir y mantener un sistema de señalización variable que proporcione información que permita al usuario realizar su viaje de manera más segura y eficiente, informando oportunamente de las distintas situaciones de riesgo, demoras u otras variables de interés que le faciliten su toma de decisiones, las cuales se encuentran descritas en la sección 3.1. El servicio de señalización variable comprende los siguientes tipos de señales, como mínimo:

- Paneles de mensajería variable de 3 (tres) líneas más 1 (un) gráfico, y de 1 (una) línea y 2 (dos) gráficos.
- Cualquier otro tipo que haya sido aprobado en el proyecto de ingeniería de detalle de seguridad vial.

A continuación se presenta la metodología de cálculo de los patrones de tiempos medios de viaje y de flujos vehiculares.

3.2.2. Protocolos de medición

3.2.2.1. Protocolo de medición de patrón de tiempos medios de viaje representativo (Patrón)

Para obtener el patrón es necesario que la concesionaria con respaldo de la inspección fiscal, elabore o adquiera un software que sea capaz de discriminar la condición en régimen de la carretera y las condiciones debidas a eventos que interfieren la libre circulación (definidas en la sección 3.1), para ello se cuenta con toda la información entregada por el centro de control de datos, en especial por la mensajería variable, la cual indicará las situaciones en donde se ve afectado el normal funcionamiento de la vía. La información que se utilizará para la elaboración del patrón será aquella que no se vea influenciada por ningún evento que afecte los tiempos de viaje.

En un plazo máximo de 12 (doce) meses de adjudicada la concesión, el concesionario deberá poner a disposición del inspector fiscal las especificaciones funcionales detalladas del software. Una vez entregada, el inspector fiscal tendrá un plazo que se estime conveniente para su revisión. En caso de existir observaciones, el concesionario dispondrá de un plazo para dar respuesta satisfactoria a la totalidad de las observaciones formuladas por el inspector fiscal y, en caso de ser requerido por éste, entregar una nueva versión corregida. El procedimiento anterior se repetirá todas las veces que sea necesario hasta que el inspector fiscal apruebe las especificaciones funcionales del software de análisis a su entera conformidad.

Mediante el software se deben realizar la cantidad de patrones de tiempos medios de viaje necesarios para que estos sean representativos de todo el año que se vaya evaluar. Se propone realizar un patrón diario (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábado y Domingo) para dos temporadas del año, verano, que considera Enero y Febrero, y año laboral, que considera desde Marzo a Diciembre, esto debido a que los flujos vehiculares varía tanto durante la semana como por temporada, lo cual influye directamente en los tiempos de viaje de los usuarios. Para ello se necesita agrupar la información de tiempos de viaje medios en intervalos de 15 (quince) minutos, que es la unidad de medida que actualmente las autopistas urbanas utilizan para fijar las tarifas, por lo tanto, esa información es posible de obtener para futuras concesiones inter-urbanas. También es necesario determinar mediante la información entregada por el centro de control de datos, todos los bloques horarios 15 (quince) minutos en donde haya ocurrido algún evento que afecte temporalmente la capacidad de la vía. Toda la información mencionada anteriormente para cada tramo a considerar.

Una vez con la información organizada se realiza el siguiente procedimiento para obtener el tiempo de viaje representativo para cada bloque horario y para cada tramo de concesión (patrón de tiempos de viaje):

1. Agrupar los tiempos de viajes medios por día de la semana y por temporada.
2. Eliminar los datos de bloques horarios (15 minutos) en donde se haya registrado algún evento de reducción temporal de capacidad.

3. Calcular el promedio de cada bloque horario por día para cada temporada.

La concesionaria tendrá al menos un año de marcha blanca para obtener la información necesaria para elaborar el patrón. Este tendrá que ir actualizándose año a año, para incorporar el crecimiento del parque automotriz y algún cambio que se presente en la capacidad de la vía.

La medición de los tiempos de viaje debe ser continua, pero con fines de elaborar un patrón representativo se agrupan en intervalos de (15) quince minutos, este intervalo de tiempo permite identificar eventos puntuales que tengan una duración pequeña.

A continuación se presenta un ejemplo de patrón de tiempos medios de viajes en las tablas 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 y 3.2.4, para este ejemplo se considera un tramo de 6.000 metros de una concesión urbana con información entregada por la inspección fiscal de obra, este tramo posee velocidad máxima de 100 km/h, en donde se utilizan los datos de todo un año para elaborar el patrón. Utilizando los criterios nombrados anteriormente se obtiene el patrón de tiempos de viaje y se presenta la información mínima que la concesionaria debe entregar, en este caso se consideran 2 temporadas: verano y año laboral:

Tabla 3.2.1: Patrón de tiempos medios de viaje para el verano. Parte I

Distancia 6.000 Metros V máx 100 km/h			PATRÓN DE VERANO (ENERO - FEBRERO)						
			Tiempos de viaje medios [s]						
Tramo Horario	Bloque		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
0:00	0:15	1	236	236	232	233	241	237	274
0:15	0:30	2	236	231	231	231	243	248	268
0:30	0:45	3	233	231	229	232	245	247	273
0:45	1:00	4	233	234	229	231	238	244	268
1:00	1:15	5	229	230	230	231	232	246	248
1:15	1:30	6	229	228	229	231	234	232	240
1:30	1:45	7	227	229	228	231	232	231	237
1:45	2:00	8	224	230	235	233	232	239	251
2:00	2:15	9	226	227	230	232	230	238	237
2:15	2:30	10	226	230	227	228	234	239	240
2:30	2:45	11	229	229	228	227	236	237	239
2:45	3:00	12	227	228	229	229	236	237	245
3:00	3:15	13	227	225	228	227	236	236	243
3:15	3:30	14	227	228	228	231	242	237	241
3:30	3:45	15	227	228	228	231	233	235	241
3:45	4:00	16	227	229	230	227	236	238	241
4:00	4:15	17	224	231	228	231	236	238	240
4:15	4:30	18	226	230	228	228	235	234	244
4:30	4:45	19	226	231	227	234	233	232	245
4:45	5:00	20	225	232	228	231	233	236	240
5:00	5:15	21	225	230	233	235	237	241	241
5:15	5:30	22	227	234	234	235	238	240	241
5:30	5:45	23	231	231	235	236	241	238	241
5:45	6:00	24	229	234	235	236	244	240	235
6:00	6:15	25	233	240	239	240	242	242	240
6:15	6:30	26	234	239	240	241	240	239	241
6:30	6:45	27	236	240	241	243	243	238	243
6:45	7:00	28	235	240	240	242	242	238	235
7:00	7:15	29	235	240	241	242	241	234	233
7:15	7:30	30	239	244	246	245	250	235	230
7:30	7:45	31	240	250	250	248	250	235	234
7:45	8:00	32	241	250	253	251	250	236	233
8:00	8:15	33	243	250	255	255	250	236	229
8:15	8:30	34	242	251	257	255	248	238	231
8:30	8:45	35	238	248	252	248	246	246	237
8:45	9:00	36	238	242	245	245	245	246	239
9:00	9:15	37	239	245	243	243	244	244	231
9:15	9:30	38	239	245	246	245	244	244	242
9:30	9:45	39	241	246	247	249	245	242	236
9:45	10:00	40	241	249	246	248	245	243	224
10:00	10:15	41	242	249	248	248	250	245	227
10:15	10:30	42	243	247	246	249	249	245	228
10:30	10:45	43	245	247	245	249	253	248	234
10:45	11:00	44	249	251	249	250	252	245	232
11:00	11:15	45	248	250	254	253	252	247	236
11:15	11:30	46	248	252	250	253	251	247	232
11:30	11:45	47	252	253	251	254	255	247	232
11:45	12:00	48	249	254	252	254	255	247	232

Tabla 3.2.2: *Patrón de tiempos medios de viaje para el verano. Parte II*

			Tiempos de viaje medios [s]						
Tramo Horario		Bloque	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
12:00	12:15	49	251	258	252	251	253	247	232
12:15	12:30	50	250	251	253	256	254	249	236
12:30	12:45	51	249	252	255	253	257	243	236
12:45	13:00	52	249	254	254	254	257	250	236
13:00	13:15	53	247	250	249	291	258	250	236
13:15	13:30	54	248	250	252	277	260	250	238
13:30	13:45	55	247	249	251	254	254	246	241
13:45	14:00	56	247	250	251	250	252	246	233
14:00	14:15	57	247	247	250	251	252	247	227
14:15	14:30	58	247	248	248	250	255	249	223
14:30	14:45	59	246	249	250	251	253	242	224
14:45	15:00	60	246	249	253	252	254	245	221
15:00	15:15	61	246	247	249	252	252	243	222
15:15	15:30	62	247	250	251	253	254	246	223
15:30	15:45	63	248	252	255	253	262	244	223
15:45	16:00	64	246	250	254	256	257	243	222
16:00	16:15	65	247	254	253	257	259	239	222
16:15	16:30	66	251	253	254	254	264	241	224
16:30	16:45	67	250	253	255	257	273	245	223
16:45	17:00	68	254	258	257	259	276	246	224
17:00	17:15	69	257	259	264	263	288	240	226
17:15	17:30	70	266	269	273	272	298	241	227
17:30	17:45	71	274	284	272	272	297	243	226
17:45	18:00	72	281	300	283	289	302	243	228
18:00	18:15	73	314	318	283	292	312	243	229
18:15	18:30	74	337	342	291	290	308	244	229
18:30	18:45	75	322	350	288	281	306	243	230
18:45	19:00	76	299	350	309	279	301	245	227
19:00	19:15	77	312	349	294	275	291	243	230
19:15	19:30	78	298	306	282	268	291	244	230
19:30	19:45	79	284	261	263	265	271	243	229
19:45	20:00	80	260	251	255	252	264	241	232
20:00	20:15	81	246	245	246	246	257	242	232
20:15	20:30	82	246	250	243	244	254	243	234
20:30	20:45	83	242	244	244	244	252	237	235
20:45	21:00	84	243	248	241	245	251	250	239
21:00	21:15	85	244	247	245	249	255	254	244
21:15	21:30	86	248	248	249	250	254	258	249
21:30	21:45	87	247	249	248	252	256	257	249
21:45	22:00	88	244	245	245	249	252	253	247
22:00	22:15	89	242	243	243	247	251	254	248
22:15	22:30	90	244	240	244	247	251	259	247
22:30	22:45	91	241	241	240	254	247	255	246
22:45	23:00	92	238	239	238	247	250	258	244
23:00	23:15	93	237	237	238	248	251	255	243
23:15	23:30	94	235	238	236	248	250	264	239
23:30	23:45	95	234	236	233	243	245	270	237
23:45	0:00	96	234	233	232	245	236	267	238

Tabla 3.2.3: Patrón de tiempos medios de viaje para el año laboral. Parte I

Distancia 6.000 Metros V máx 100 km/h			PATRÓN DE AÑO LABORAL (MARZO - DICIEMBRE)						
			Tiempos de viaje medios [s]						
Tramo Horario	Bloque		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
0:00	0:15	1	226	216	221	230	228	234	233
0:15	0:30	2	226	216	221	230	229	233	226
0:30	0:45	3	226	216	220	230	228	232	225
0:45	1:00	4	225	216	219	229	228	231	224
1:00	1:15	5	225	216	220	228	227	230	229
1:15	1:30	6	226	216	219	228	228	229	229
1:30	1:45	7	225	216	222	229	230	230	229
1:45	2:00	8	226	216	221	228	229	229	229
2:00	2:15	9	226	216	222	230	227	228	227
2:15	2:30	10	223	216	221	231	226	228	227
2:30	2:45	11	224	216	223	230	228	228	227
2:45	3:00	12	224	216	223	232	230	227	227
3:00	3:15	13	225	216	221	233	227	228	227
3:15	3:30	14	223	216	220	230	228	227	226
3:30	3:45	15	224	216	222	232	229	228	226
3:45	4:00	16	223	216	221	233	229	227	225
4:00	4:15	17	221	216	220	229	229	228	226
4:15	4:30	18	223	216	222	231	231	228	226
4:30	4:45	19	225	216	225	234	231	230	226
4:45	5:00	20	225	216	223	232	232	230	225
5:00	5:15	21	226	216	225	235	233	230	225
5:15	5:30	22	227	216	226	235	235	231	226
5:30	5:45	23	229	216	226	235	235	234	227
5:45	6:00	24	229	216	228	237	237	235	225
6:00	6:15	25	233	217	231	238	238	234	224
6:15	6:30	26	235	218	231	240	240	235	225
6:30	6:45	27	237	222	234	243	242	236	225
6:45	7:00	28	240	224	237	247	246	236	223
7:00	7:15	29	245	227	243	251	251	236	224
7:15	7:30	30	249	234	248	258	257	237	223
7:30	7:45	31	252	235	250	261	262	236	221
7:45	8:00	32	252	237	250	260	261	233	219
8:00	8:15	33	253	238	251	264	264	232	218
8:15	8:30	34	254	238	253	265	269	231	217
8:30	8:45	35	250	233	244	260	259	230	218
8:45	9:00	36	248	230	243	257	256	229	216
9:00	9:15	37	245	229	242	255	253	230	218
9:15	9:30	38	245	231	241	253	253	231	218
9:30	9:45	39	246	230	242	253	252	232	219
9:45	10:00	40	246	230	242	252	252	232	218
10:00	10:15	41	246	231	242	253	253	232	219
10:15	10:30	42	247	231	244	254	252	234	219
10:30	10:45	43	249	231	244	253	253	236	220
10:45	11:00	44	250	231	246	258	254	236	222
11:00	11:15	45	250	230	247	258	255	237	221
11:15	11:30	46	251	231	246	257	256	238	222
11:30	11:45	47	251	233	247	258	256	240	223
11:45	12:00	48	251	234	248	259	258	240	224

Tabla 3.2.4: *Patrón de tiempos medios de viaje para el año laboral. Parte II*

			Tiempos de viaje medios [s]						
Tramo Horario		Bloque	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
12:00	12:15	49	183	189	192	197	199	166	155
12:15	12:30	50	180	187	191	194	196	163	156
12:30	12:45	51	180	190	187	189	198	165	157
12:45	13:00	52	180	190	187	189	200	166	158
13:00	13:15	53	179	187	184	194	201	164	158
13:15	13:30	54	178	185	188	191	203	165	159
13:30	13:45	55	178	185	188	191	199	165	159
13:45	14:00	56	174	181	187	191	199	163	161
14:00	14:15	57	174	181	182	188	195	160	154
14:15	14:30	58	174	181	183	186	204	158	151
14:30	14:45	59	176	182	185	190	197	158	148
14:45	15:00	60	177	184	187	187	200	155	148
15:00	15:15	61	177	183	180	188	194	153	149
15:15	15:30	62	183	189	187	192	201	154	149
15:30	15:45	63	181	189	192	189	203	154	149
15:45	16:00	64	179	189	187	195	198	155	150
16:00	16:15	65	179	186	187	191	206	155	152
16:15	16:30	66	182	189	189	191	201	154	154
16:30	16:45	67	188	189	193	194	202	156	154
16:45	17:00	68	188	190	194	195	207	156	156
17:00	17:15	69	187	196	197	198	202	156	157
17:15	17:30	70	197	202	203	205	215	157	157
17:30	17:45	71	202	211	206	213	234	157	157
17:45	18:00	72	204	214	207	212	247	158	160
18:00	18:15	73	210	215	224	218	235	157	159
18:15	18:30	74	230	231	235	254	276	158	161
18:30	18:45	75	252	276	258	272	266	160	161
18:45	19:00	76	271	301	283	291	248	159	161
19:00	19:15	77	316	318	302	310	211	159	160
19:15	19:30	78	322	319	303	316	190	160	161
19:30	19:45	79	274	296	304	280	176	160	162
19:45	20:00	80	227	242	235	232	172	158	161
20:00	20:15	81	179	190	183	203	168	158	162
20:15	20:30	82	165	169	171	178	169	159	162
20:30	20:45	83	163	158	163	166	166	158	160
20:45	21:00	84	155	155	157	160	161	160	160
21:00	21:15	85	152	153	156	159	159	161	160
21:15	21:30	86	153	153	154	156	160	158	161
21:30	21:45	87	151	153	154	155	159	158	160
21:45	22:00	88	150	151	152	153	158	157	159
22:00	22:15	89	149	150	152	153	156	155	156
22:15	22:30	90	150	150	151	153	156	154	155
22:30	22:45	91	149	149	151	152	156	154	153
22:45	23:00	92	147	149	150	151	154	153	151
23:00	23:15	93	146	147	150	150	153	152	149
23:15	23:30	94	145	147	148	150	153	152	148
23:30	23:45	95	145	146	149	150	153	152	147
23:45	0:00	96	146	146	147	149	153	152	146

3.2.2.2. Protocolo de medición de patrón de flujos vehiculares representativo (Patrón vehicular)

Para obtener el patrón de flujos medios vehiculares es necesario que la concesionaria mida continuamente el flujo circulante en cada tramo de la concesión.

Igual que en la elaboración del patrón de tiempos de viaje, para que exista consistencia y coherencia, se propone realizar un patrón diario (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo) para dos temporadas del año, verano, que considera enero y febrero, y año laboral, que considera desde marzo a diciembre. Para ello se agrupará la información de flujos vehiculares disponible según lo mencionado anteriormente y se realizará el siguiente procedimiento:

1. Agrupar los flujos vehiculares (de cada bloque horario) por día de la semana y por temporada.
2. Calcular promedio de cada bloque horario por día para cada temporada.

La concesionaria tendrá un año de marcha blanca para obtener la información necesaria para elaborar el patrón. Este tendrá que ir actualizándose año a año, para incorporar el crecimiento del parque automotriz.

Se presenta un ejemplo de patrón de flujos medios vehiculares en las tablas 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7 y 3.2.8, se obtiene a partir del mismo tramo mencionado en el ejemplo de cálculo de patrón de tiempos de viaje. Utilizando los criterios nombrados anteriormente se obtiene lo siguiente:

Tabla 3.2.5: Patrón de flujos vehiculares para el verano. Parte I

Distancia		6.000	PATRÓN FLUJOS DE VERANO (ENERO - FEBRERO)						
V máx		100	Metros						
			km/h						
			Flujo vehicular [veh]						
Tramo Horario	Bloque		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
0:00	0:15	1	438	260	232	245	303	320	160
0:15	0:30	2	417	245	227	232	295	288	215
0:30	0:45	3	390	209	179	216	208	237	275
0:45	1:00	4	358	178	167	191	182	225	250
1:00	1:15	5	307	158	161	163	173	210	240
1:15	1:30	6	273	152	136	141	148	175	203
1:30	1:45	7	247	126	120	132	142	170	174
1:45	2:00	8	190	105	112	107	129	160	176
2:00	2:15	9	137	103	99	108	113	167	173
2:15	2:30	10	126	113	97	90	116	141	153
2:30	2:45	11	93	98	94	79	87	146	137
2:45	3:00	12	96	85	72	80	83	105	123
3:00	3:15	13	85	72	69	72	77	106	112
3:15	3:30	14	84	64	61	70	65	96	108
3:30	3:45	15	81	70	60	62	78	94	102
3:45	4:00	16	81	78	72	66	86	96	108
4:00	4:15	17	86	75	76	76	80	96	104
4:15	4:30	18	95	84	75	67	85	95	100
4:30	4:45	19	103	91	86	96	97	93	106
4:45	5:00	20	109	103	101	91	100	119	112
5:00	5:15	21	127	110	102	97	113	123	121
5:15	5:30	22	163	124	123	112	135	129	106
5:30	5:45	23	163	144	136	129	138	134	107
5:45	6:00	24	191	181	178	168	156	143	100
6:00	6:15	25	233	224	212	205	199	151	101
6:15	6:30	26	290	273	275	257	257	194	120
6:30	6:45	27	347	321	336	311	311	220	110
6:45	7:00	28	412	381	366	349	378	240	121
7:00	7:15	29	501	451	461	439	461	269	127
7:15	7:30	30	628	581	613	526	606	353	156
7:30	7:45	31	692	635	654	660	654	350	151
7:45	8:00	32	692	660	668	601	663	379	153
8:00	8:15	33	698	679	683	608	685	389	156
8:15	8:30	34	730	727	748	702	718	374	175
8:30	8:45	35	707	722	756	697	732	429	189
8:45	9:00	36	701	720	717	725	715	429	206
9:00	9:15	37	688	681	680	700	700	434	191
9:15	9:30	38	685	659	691	698	684	442	208
9:30	9:45	39	680	666	682	703	669	450	236
9:45	10:00	40	687	681	683	682	674	464	253
10:00	10:15	41	672	688	667	667	660	476	250
10:15	10:30	42	697	683	665	708	685	481	276
10:30	10:45	43	715	685	678	728	711	474	304
10:45	11:00	44	729	731	704	722	727	515	339
11:00	11:15	45	682	720	737	730	727	547	337
11:15	11:30	46	716	730	728	712	725	534	350
11:30	11:45	47	767	739	755	684	783	565	376
11:45	12:00	48	751	765	753	680	787	561	412

Tabla 3.2.6: *Patrón de flujos vehiculares para el verano. Parte II*

			Flujo vehicular [veh]						
Tramo Horario		Bloque	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
12:00	12:15	49	751	756	748	722	756	590	408
12:15	12:30	50	754	758	774	769	767	594	421
12:30	12:45	51	761	745	742	738	781	583	435
12:45	13:00	52	774	740	750	774	794	600	439
13:00	13:15	53	746	750	744	747	788	607	470
13:15	13:30	54	750	731	744	742	856	631	495
13:30	13:45	55	731	705	729	718	807	645	489
13:45	14:00	56	718	685	715	713	779	629	513
14:00	14:15	57	704	667	686	695	788	603	500
14:15	14:30	58	728	668	683	710	818	616	507
14:30	14:45	59	707	692	696	722	803	544	467
14:45	15:00	60	694	680	693	716	810	581	439
15:00	15:15	61	695	687	684	721	795	517	433
15:15	15:30	62	721	718	736	734	817	556	435
15:30	15:45	63	742	733	732	732	850	500	428
15:45	16:00	64	713	744	754	738	868	500	417
16:00	16:15	65	741	760	764	742	923	499	421
16:15	16:30	66	758	770	782	778	998	524	441
16:30	16:45	67	765	806	771	813	972	519	453
16:45	17:00	68	834	823	838	843	1032	510	476
17:00	17:15	69	893	895	910	922	1074	518	479
17:15	17:30	70	1041	1033	1026	1040	1123	510	509
17:30	17:45	71	1069	1053	1050	1031	1136	527	517
17:45	18:00	72	1091	1104	1136	1076	1096	508	539
18:00	18:15	73	1034	1114	1124	1089	1052	518	551
18:15	18:30	74	1112	1125	1096	1148	1077	518	537
18:30	18:45	75	1043	1067	1070	1106	1025	497	536
18:45	19:00	76	1031	1015	1050	1087	969	523	545
19:00	19:15	77	999	976	1035	1048	950	526	564
19:15	19:30	78	934	871	973	989	916	524	585
19:30	19:45	79	872	807	858	951	910	530	575
19:45	20:00	80	799	766	822	830	882	534	589
20:00	20:15	81	765	741	786	795	849	495	605
20:15	20:30	82	748	696	738	794	849	513	609
20:30	20:45	83	698	702	713	766	800	530	614
20:45	21:00	84	651	675	634	697	745	543	626
21:00	21:15	85	597	623	591	662	715	536	631
21:15	21:30	86	621	603	602	654	700	537	648
21:30	21:45	87	583	585	582	615	703	533	645
21:45	22:00	88	566	544	555	620	680	538	633
22:00	22:15	89	538	519	514	573	647	516	630
22:15	22:30	90	543	504	524	541	627	553	638
22:30	22:45	91	499	471	433	507	593	510	611
22:45	23:00	92	435	439	410	472	509	482	584
23:00	23:15	93	404	378	335	442	401	363	540
23:15	23:30	94	397	400	311	427	417	233	532
23:30	23:45	95	363	349	282	374	355	169	484
23:45	0:00	96	290	306	242	302	332	160	473

Tabla 3.2.7: Patrón de flujos vehiculares para el año laboral. Parte I

Distancia V máx	6.000 100	Metros km/h	PATRÓN FLUJOS DE AÑO LABORAL (MARZO - DICIEMBRE)						
			Flujo vehicular [veh]						
			Tramo Horario	Bloque	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
0:00	0:15	1	207	195	216	229	253	347	321
0:15	0:30	2	179	188	211	216	242	332	316
0:30	0:45	3	147	159	181	174	200	281	287
0:45	1:00	4	121	134	155	146	176	264	263
1:00	1:15	5	118	122	138	144	168	240	238
1:15	1:30	6	109	122	130	140	159	238	211
1:30	1:45	7	92	95	108	110	127	209	191
1:45	2:00	8	86	74	96	96	109	186	182
2:00	2:15	9	76	75	92	92	98	168	168
2:15	2:30	10	77	75	86	86	97	161	158
2:30	2:45	11	72	65	74	74	83	140	143
2:45	3:00	12	71	63	63	72	77	132	130
3:00	3:15	13	68	62	59	64	75	128	121
3:15	3:30	14	66	57	61	65	71	119	119
3:30	3:45	15	66	58	60	63	68	114	110
3:45	4:00	16	76	65	64	67	70	106	110
4:00	4:15	17	93	74	75	76	80	110	107
4:15	4:30	18	100	81	79	84	86	111	103
4:30	4:45	19	103	86	88	86	87	110	99
4:45	5:00	20	116	100	99	99	100	116	109
5:00	5:15	21	137	114	117	114	117	128	109
5:15	5:30	22	150	134	137	133	137	142	100
5:30	5:45	23	172	154	158	152	149	142	99
5:45	6:00	24	213	185	187	183	182	161	105
6:00	6:15	25	247	232	225	227	223	181	111
6:15	6:30	26	311	295	295	295	295	219	119
6:30	6:45	27	374	360	366	360	354	233	109
6:45	7:00	28	464	444	444	438	435	259	116
7:00	7:15	29	583	562	563	565	543	287	127
7:15	7:30	30	762	756	754	748	730	340	144
7:30	7:45	31	801	818	809	814	806	362	144
7:45	8:00	32	788	810	804	792	786	368	143
8:00	8:15	33	772	796	775	788	781	384	152
8:15	8:30	34	793	792	801	802	802	443	173
8:30	8:45	35	756	773	782	791	770	474	190
8:45	9:00	36	740	765	769	791	785	479	199
9:00	9:15	37	705	726	727	741	736	452	206
9:15	9:30	38	685	726	724	750	732	467	216
9:30	9:45	39	674	721	714	732	718	492	237
9:45	10:00	40	679	719	706	725	722	523	264
10:00	10:15	41	680	714	700	714	704	514	267
10:15	10:30	42	677	713	694	729	708	530	288
10:30	10:45	43	696	723	696	733	730	549	320
10:45	11:00	44	695	722	710	735	739	572	348
11:00	11:15	45	701	712	712	744	752	591	357
11:15	11:30	46	713	743	730	765	770	602	383
11:30	11:45	47	712	755	741	775	791	636	415
11:45	12:00	48	742	762	750	782	798	659	429

Tabla 3.2.8: Patrón de flujos vehiculares para el año laboral. Parte II

			Flujo vehicular [veh]						
Tramo Horario		Bloque	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
12:00	12:15	49	737	767	751	767	815	676	444
12:15	12:30	50	747	771	754	777	815	692	465
12:30	12:45	51	746	773	756	793	852	698	484
12:45	13:00	52	737	785	765	795	847	724	520
13:00	13:15	53	741	792	772	818	875	748	535
13:15	13:30	54	740	780	776	808	886	769	559
13:30	13:45	55	721	756	747	790	877	780	554
13:45	14:00	56	710	734	737	758	830	767	551
14:00	14:15	57	698	705	705	726	804	768	534
14:15	14:30	58	711	725	724	747	843	763	533
14:30	14:45	59	723	739	729	757	836	719	495
14:45	15:00	60	725	751	747	763	861	703	478
15:00	15:15	61	731	753	755	773	871	686	474
15:15	15:30	62	786	798	789	814	934	692	476
15:30	15:45	63	792	817	811	829	955	682	474
15:45	16:00	64	784	807	808	817	968	672	484
16:00	16:15	65	799	829	831	842	1025	649	486
16:15	16:30	66	863	873	849	876	1124	672	519
16:30	16:45	67	877	902	891	910	1125	679	534
16:45	17:00	68	928	965	959	990	1131	672	548
17:00	17:15	69	1017	1065	1050	1077	1104	673	561
17:15	17:30	70	1160	1180	1156	1164	1079	686	584
17:30	17:45	71	1143	1143	1158	1167	1038	677	594
17:45	18:00	72	1104	1121	1096	1111	1031	669	622
18:00	18:15	73	1027	1068	1035	1041	1012	668	611
18:15	18:30	74	976	1041	1003	1057	1024	656	613
18:30	18:45	75	972	1000	1002	1010	984	630	608
18:45	19:00	76	955	988	1000	1020	963	615	604
19:00	19:15	77	973	963	977	1003	971	616	595
19:15	19:30	78	938	958	982	982	963	613	602
19:30	19:45	79	916	911	987	976	969	612	611
19:45	20:00	80	835	836	934	932	912	616	616
20:00	20:15	81	753	750	817	831	830	613	630
20:15	20:30	82	717	734	782	796	837	640	662
20:30	20:45	83	644	668	700	721	794	631	657
20:45	21:00	84	572	602	624	634	745	613	648
21:00	21:15	85	521	530	574	586	696	602	639
21:15	21:30	86	512	529	565	579	682	613	637
21:30	21:45	87	475	481	527	525	653	594	615
21:45	22:00	88	462	458	498	514	631	578	586
22:00	22:15	89	437	426	465	505	605	568	545
22:15	22:30	90	438	440	481	501	616	567	508
22:30	22:45	91	379	394	429	449	573	522	421
22:45	23:00	92	343	357	389	431	535	489	367
23:00	23:15	93	327	334	354	383	492	448	324
23:15	23:30	94	304	317	328	363	449	425	305
23:30	23:45	95	251	271	281	310	398	400	242
23:45	0:00	96	217	250	259	283	366	351	219

3.2.2.3. Protocolo de medición del indicador porcentaje de aumento de tiempos medios de viaje

Para calcular el indicador, se compara el patrón de tiempos de viaje del año X-1 con los tiempos de viaje medios medidos en el año X para cada tramo analizado. Para ello es necesario determinar como se obtienen los tiempos medios de viaje para el año X y discriminar en el caso de existir aumento en los tiempos de viaje, si es que estos son atribuibles o no al concesionario, como se ha mencionado anteriormente, el indicador busca evaluar el aumento porcentual de los tiempos de viaje medios atribuibles a la gestión del concesionario.

Para obtener los tiempos medios de viaje del año X los cuales se comparan al patrón de tiempos de viajes del año X-1 se tiene que ordenar la información de los tiempos de viaje medio por bloque horario para cada día de la semana y por temporada para el tramo del año X analizado

3.2.2.3.1. Intervalos de medición espacial

La distancia y cantidad de tramos a analizar está dado por las salidas y entradas relevantes que se presenten en la carretera.

3.2.2.3.2. Intervalos de medición temporal

El indicador se mide en intervalos de (15) minutos, el cual puede representar correctamente eventos de indisponibilidad de la vía de corta duración, que podrían perder importancia con intervalos más largos. Además estos intervalos de medición son los que se utilizan actualmente por las concesiones urbanas para realizar sus análisis de congestión y reajustes de tarifa. En caso de ser necesario se puede variar el intervalo de medición, siempre y cuando cumpla las mismas condiciones solicitadas anteriormente.

3.2.2.3.3. Algoritmo de cálculo del indicador por bloque horario

El porcentaje de aumento en los tiempos medios de viaje para cada bloque horario, se obtiene al comparar todos los tiempos de viaje del año X, con su respectivo patrón de tiempos de viaje del año X-1, utilizando la siguiente siguiente expresión:

$$\%TV = \frac{t_{patrón_i} - t_i}{t_{patrón_i}} \quad (3.2.1)$$

Donde:

- $\%TV_i$ = Aumento porcentual en el tiempo medio de viaje para el bloque horario i. [%]
- t_i = Tiempo medio de viaje en el bloque horario i atribuible al concesionario. [s]
- $t_{patrón_i}$ = Tiempo medio de viaje patrón del bloque horario i. [s]
- i = Número del bloque horario de 15 minutos durante un día. $i:1, \dots, 96$

En un principio se consideran todos los aumento en los tiempo de viaje para el cálculo del indicador, sin importar si este es atribuible a la concesionaria, por lo cual es de responsabilidad de la concesionaria, mediante el mismo software mencionado anteriormente, durante el post-procesamiento, establecer cuales son los bloques horario en donde no está ocurriendo ningún tipo de evento, por lo cual se considerará que esos aumentos en los tiempos de viaje son debido al comportamiento particular de los usuarios y no se evaluarán, esos bloques tendrán cero porciento de aumento en el tiempo de viaje. También se debe establecer aquellos bloques horario en donde esten ocurriendo eventos y determinar si estos son gestionables por la concesionaria y en que medida según las consideraciones presentadas en la sección 3.1.

En el caso de que se produzca una disminución en los tiempos de viaje para algún bloque horario, se considera que el aumento porcentual es 0%, esto con el fin de evitar disminuciones marginales en los valores obtenidos de aumento de tiempo de viaje.

3.2.2.3.4. Algoritmo de cálculo del indicador diario

Para que el indicador sea aplicable dentro de un modelo de nivel de servicio, es necesario que este represente la afectación directa a los usuarios que transitan por la vía, por lo tanto los aumentos de los tiempos de viaje tiene que ser ponderado por la cantidad de usuarios que realmente son afectados por ese aumento, con esto se le da mayor relevancia a la gestión de eventos durante la hora punta, incentivando a la elaboración de planes de contingencias robustos por parte de la concesionaria.

Teniendo los patrones de tiempos de viaje y de flujos del año X-1; y las mediciones de tiempos de viaje medios atribuibles del año X, es posible calcular el indicador de porcentaje de aumento de tiempos medios de viaje diario con la siguiente expresión.

$$\%TV_d = \sum_{i=1}^{i=96} \frac{tránsito_{d,i}}{tránsito_d} * \frac{t_{patrón_{d,i}} - t_{d,i}}{t_{patrón_{d,i}}} \quad (3.2.2)$$

Donde:

$\%TV_d$ = Reducción de capacidad media para el día d. [%]

$t_{d,i}$ = Tiempo medio de viaje en intervalo i el día d. [s]

$t_{patrón_{d,i}}$ = Tiempo medio de viaje patrón en intervalo i el día d. [s]

i = Número del intervalo de 15 minutos durante un día. $i:1, \dots, 96$

$tránsito_{d,i}$ = Tránsito circulante en el intervalo i el día d. [N°]

$tránsito_d$ = Tránsito circulante en el día d. [N°]

Así se obtiene el valor diario del indicador, el cual será evaluado según los criterios presentados en la sección 4.1.

Capítulo 4

Metodología de evaluación del indicador

El indicador desarrollado se utiliza para evaluar el valor en juego movilidad, por lo cual tiene que ser capaz de incorporarse al modelo de nivel de servicio del usuario (Muñoz, 2019), por lo cual la metodología de evaluación que se presenta a continuación es compatible con el modelo de nivel de servicio.

4.1. Evaluación del indicador para el modelo de nivel de servicio del usuario que transita por la vía.

Una vez definida la metodología para la obtención del indicador de aumento porcentual en los tiempos de viaje medio para cada tramo de la concesión, es necesario establecer cuales son los umbrales aceptables para la evaluación de este indicador. Para obtener la calificación global del valor en juego movilidad del modelo de nivel de servicio para el usuario, mediante el indicador el indicador descrito anteriormente, se tiene que realizar un análisis de umbrales en 3 (tres) niveles de evaluación, los cuales son los siguientes:

1. Nivel de desempeño diario por tramo analizado.
2. Nivel de desempeño mensual por tramo analizado.
3. Nivel de desempeño mensual para toda la concesión.

A continuación se presentan en detalle los tres niveles de evaluación:

4.1.1. Niveles de desempeño diario por tramo analizado

Para establecer los límites aceptables de aumentos en los tiempos de viaje medio diarios, es necesario asociarlos a eventos que sean necesarios y recurrentes durante la operación de la concesión, para no restringir actividades que se tienen que realizar, pero sí limitando su tiempo. Como lo son acciones de conservación preventivas y reactivas.

Para ello se realiza la siguiente simulación:

Se cuenta con la información de flujos vehiculares por bloque horario (15 minutos) de 5 tramos de una concesión urbana, cada uno de estos tramos contaría con su respectivo patrón de tiempos de viaje. Se busca simular el aumento porcentual en los tiempos de viaje para cada uno de los tramos analizados debido a trabajos en la vía y así poder establecer los límites que debiesen permitirse.

Supuestos a considerar:

- Todas las zonas de trabajo comienzan a operar desde las 22:00.
- Para cada tramo el único evento de reducción temporal de capacidad son las zonas de trabajo por actividades de conservación.
- Vías con dos pistas por sentido.
- Debido a las zonas de trabajo solo queda una disponible y se considera que la velocidad permitida debido a zona de trabajo es de un 50 % de la velocidad de flujo libre.

Considerando los supuestos anteriores y la expresión 4.1.1, se puede simular los valores diarios del indicador.

$$\%TV_d = \sum_{i=1}^{i=96} \frac{tr\acute{a}nsito_{d,i}}{tr\acute{a}nsito_d} * \frac{t_{patr\acute{o}n_{d,i}} - t_{d,i}}{t_{patr\acute{o}n_{d,i}}} \quad (4.1.1)$$

Donde:

- $\%TV_d$ = Reducción de capacidad media para el día d. [%]
- $t_{d,i}$ = Tiempo medio de viaje en intervalo i el día d. [s]
- $t_{patr\acute{o}n_{d,i}}$ = Tiempo medio de viaje patrón en intervalo i el día d. [s]
- i = Número del intervalo de 15 minutos durante un día. $i:1, \dots, 96$
- $tr\acute{a}nsito_{d,i}$ = Tránsito circulante en el intervalo i el día d. [N°]
- $tr\acute{a}nsito_d$ = Tránsito circulante en el día d. [N°]

Se obtiene el aumento porcentual de tiempo de viaje medio diario para cada uno de los tramos, considerando las 3 (tres) duraciones de zonas de trabajo utilizadas de ejemplo. En la siguiente figura se presenta los resultados de la simulación.

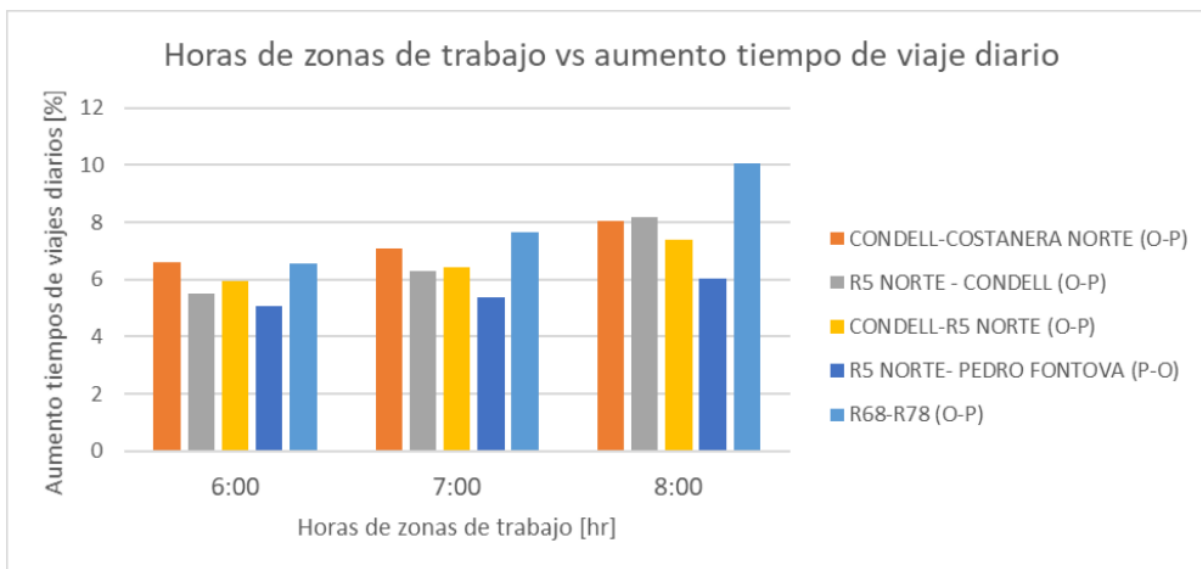


Figura 4.1.1: Simulación de aumentos de tiempos de viaje diario por trabajos en la vía. Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de aumento de los tiempos de viaje medios diarios aceptable dependerá de la cantidad de horas de zonas de trabajo nocturnas se permita durante la explotación de cada tramo de la concesión. A continuación se presenta un ejemplo utilizando la información anterior y considerando que se acepta que existan en promedio 7 (siete) horas de zonas de trabajo nocturnas, lo cual en este ejemplo significa que el umbral límite para el indicador es de un 6 (seis) por ciento de aumento en el tiempo de viaje medio diario.

Tabla 4.1.1: Escala de nivel de servicio del indicador

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BIEN	BIEN	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE AUMENTO EN TIEMPOS DE VIAJES MEDIOS DIARIOS [%]				
<2	]2-4]	]4-6]	]6-8]	>8

En la sección 5, se presenta simulaciones y análisis de sensibilidad para diversos umbrales diarios de aceptación.

4.1.2. Niveles de desempeño mensual por tramo analizado

Una vez obtenido la evaluación diaria del indicador, es posible definir el nivel de conformidad que se está dispuesto a aceptar, es decir, cuantos días se permitirá que el indicador se encuentre en distintos niveles de desempeño sin que afecte a la calificación total del mes. En la tabla 4.1.2, se presenta a manera de ejemplo como se definen los umbrales para realizar la evaluación mensual del indicador para un tramo dado:

Tabla 4.1.2: Nivel de conformidad para ingresar al modelo de nivel de servicio.

% Aumento tiempos de viaje medio diarios		DÍAS AL MES CON MEDICIONES EN "X" NIVEL				
		<2	[2-4]	[4-6]	[6-8]	>8
EVALUACIÓN MENSUAL DEL INDICADOR	MUY BUENO	≥ 15	< 15	≤ 4	0	0
	BUENO	≥ 15		< 15	0	0
	JUSTO	-			≤ 2	0
	MALO	-			≤ 3	≤ 1
	MUY MALO	-			> 3	≤ 1
						> 1

En la sección 5, se presenta simulaciones y análisis de sensibilidad para esta tabla de conformidades.

4.1.3. Niveles de desempeño mensual para toda la concesión

Una vez obtenido la calificación mensual de cada tramo de la concesión, es necesario llevar esas calificaciones a nivel de toda la concesión, lo cual correspondería a la calificación del valor en juego de movilidad. La opción más sencilla es ponderar la calificación de cada tramo por su peso respecto al total de la concesión, en este caso, el peso corresponde a la unidad vehículos-kilómetros, la cual consiste en la multiplicación del largo del tramo y el flujo representativo que pasa por él, con esta opción se tiene en cuenta el aporte de cada uno de los tramos, pero se presenta el mismo inconveniente que en el modelo de nivel de servicio para el usuario (Muñoz, 2019), el cual es que los tramos pequeños de poco peso no son significativos para la calificación final, por lo cual estos tramos se pueden encontrar en continuo incumplimiento y la calificación del valor en juego de movilidad no lo daría a conocer. Para ello se utiliza el mecanismo de condicionales y niveles de importancia de los tramos (Muñoz, 2019), el cual considera la jerarquización de los tramos según su importancia relativa y en el caso que alguno de estos se encuentre en incumplimiento, la calificación global sufrirá penalizaciones dependiendo de la importancia del tramo.

El nivel de importancia del tramo depende directamente del peso que este tiene en vehículos-kilómetros, en la tabla 4.1.3 se presenta como se definen las diferentes categorías.

Tabla 4.1.3: *Categorías de los tramos de importancia.*

Nivel de importancia del tramo	Peso del tramo [%]
1°	>B
2°	[B,A]
3°	<A

Donde:

A y B: números naturales del 0 al 100

$B > A$

En la sección 5, se presenta simulaciones y análisis de sensibilidad para diversos umbrales de categorías de importancia para los tramos.

Una vez definido como se determinan los niveles de importancia, es necesario establecer las penalizaciones a la calificación global por incumplimiento del indicador mensual de cada uno de los tramos. A continuación se presentan las penalizaciones según el nivel de importancia del tramo y calificación categórica en la cual se encuentre.

Tabla 4.1.4: *Penalizaciones a la clasificación global.*

Nivel de importancia del tramo	Calificación categórica del tramo				
	Muy Bueno	Bueno	Justo	Malo	Muy Malo
1°	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10
2°	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04
3°	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02

Una vez definidas los niveles de importancia y respectivas penalizaciones en el caso de incumplimiento para cada tramo, se puede obtener la calificación global del indicador siguiendo el algoritmo presentado en la siguiente figura:

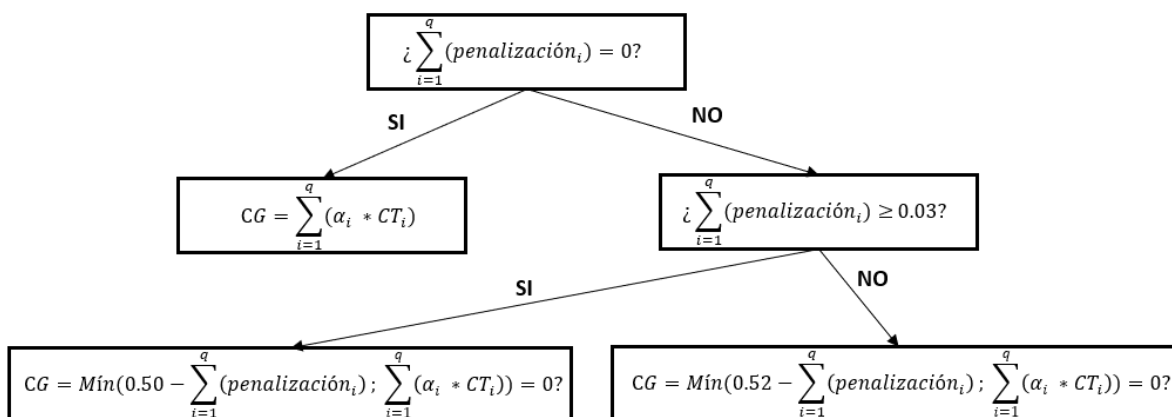


Figura 4.1.2: Algoritmo de cálculo para evaluación global del indicador de movilidad

Fuente: Elaboración propia

Donde:

CG = Calificación global del indicador. [-]

$penalización_i$ = penalización correspondiente a la importancia del tramo i y la calificación categórica del indicador mensual. [-] según la tabla 4.1.4.

α_i = Peso del tramo. [-] según 7.3.1.

CT_i = Calificación mensual del tramo. [-]

q = Cantidad de tramos de la concesión [N°]

Finalmente se obtendrá una calificación global numérica y una categórica asociada, cuya relación se presenta en la tabla 4.1.5.

Tabla 4.1.5: Calificación global (Elaboración propia).

CALIFICACIÓN	
Categórica	Numérica
Muy bueno	1.00
Bueno	0.75
Justo	0.50
Malo	0.25
Muy malo	0.00

Este valor obtenido es el que ingresa al modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía.

Capítulo 5

Simulación y sensibilización del indicador

5.1. Descripción y supuestos

Dada la limitada información existente de velocidades de circulación de vías inter-urbanas, se realiza la simulación y respectiva sensibilización del indicador con información obtenida de una concesión vial urbana, la cual facilitó los siguientes datos tanto para los años 2017 como 2018, lo cual permite realizar el cálculo integral del indicador como si se hubiese cumplido el primer año de marcha blanca estipulado en los capítulos anteriores:

- Flujo vehiculares por tipo de vehículo para cada bloque horario [veh].
- Velocidades medias de circulación por tipo de vehículo para cada bloque horario [km/hr].
- Base de datos de accidentes, incidentes y trabajos en la vía. La cual incluye hora de inicio del evento, hora de llegada de la asistencia en ruta y hora de despeje.

Con la información anterior es posible calcular el indicador en sus tres niveles, expuestos en la sección 4.1.

Para la simulación se analizan en total 5 tramos de la concesión, los cuales son escogidos debido a que sus características son las más cercanas a la de los tramos inter-urbanos (flujos, tipos de flujos y densidad de accesos/salidas). En mayor detalle, estas semejanzas son las siguientes:

A continuación se definen los tramos analizados:

Tabla 5.1.1: *Resumen de tramos analizados.*

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Longitud tramo [m]	6.000	4.500	6.500	6.500	3.000
Flujo semanal verano [veh]	343.636	234.574	230.881	244.385	281.349
Flujo semanal laboral [veh]	358.041	259.573	260.928	269.644	303.274
Horario de saturación	Tarde	Mañana y tarde	Tarde	Mañana	Mañana y tarde
Densidad entradas y salidas [un/km]	1,33	1,78	1,23	1,38	2,00
Dirección	O-P	O-P	O-P	P-O	P-O

Para la obtención del indicador de aumento porcentual de los tiempos de viaje medio diarios se sigue la metodología definida en la sección 3.1 y luego para realizar la evaluación de este indicador la metodología definida en la sección 4.1.

A continuación se presentan las variables que se simulan y sensibilizan:

5.2. Sensibilización diaria del indicador

Se calcula la variación que produce en el indicador, la ocurrencia de distintos tipos de eventos que reducen temporalmente la capacidad de la vía, para distintos niveles de tránsito.

Se consideran los tres eventos de mayor ocurrencia contenida de la información utilizada:

1. Detención de vehículos.
2. Accidente de vehículos.
3. Zonas de trabajo.

Se presentan los resultados del año 2018 obtenidos para los 5 tramos analizados, utilizando como situación base el año 2017. Se consideran días representativos para cada tramo, los cuales consideran los tres eventos de reducción de capacidad en distintos horarios. Para cada tramo se comparan 4 situaciones: Un día de la semana durante verano, un día de fin de semana durante verano, un día de semana durante el año laboral y un día de fin de semana durante el año laboral, con el fin de validar el supuesto realizado. Los resultados obtenidos son los siguientes:

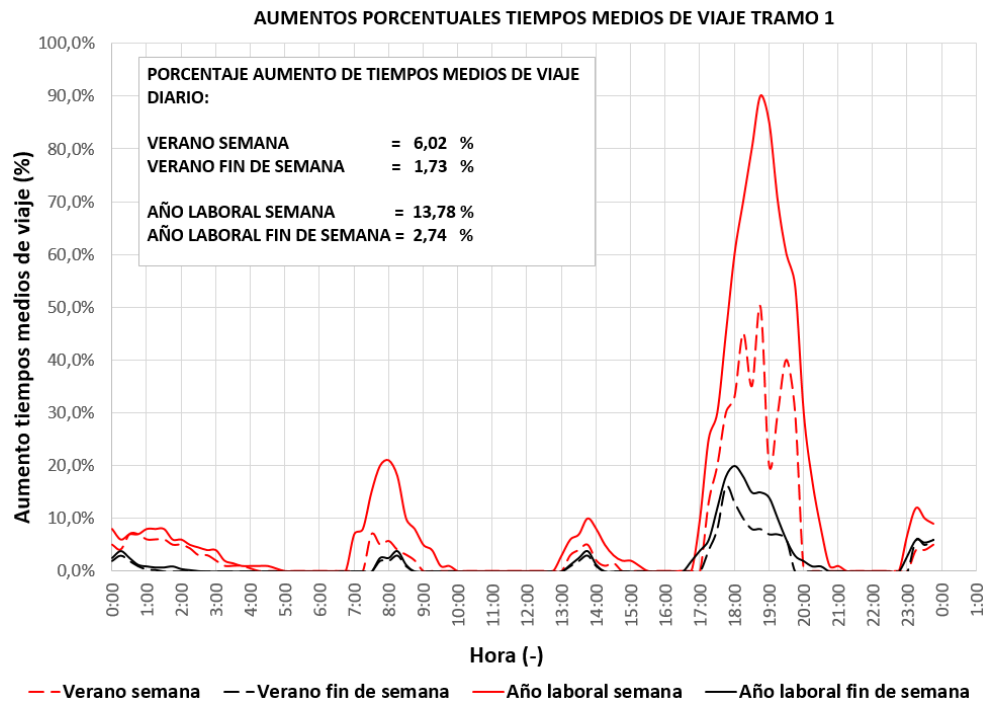


Figura 5.2.1: Resultados del indicador tramo 1.

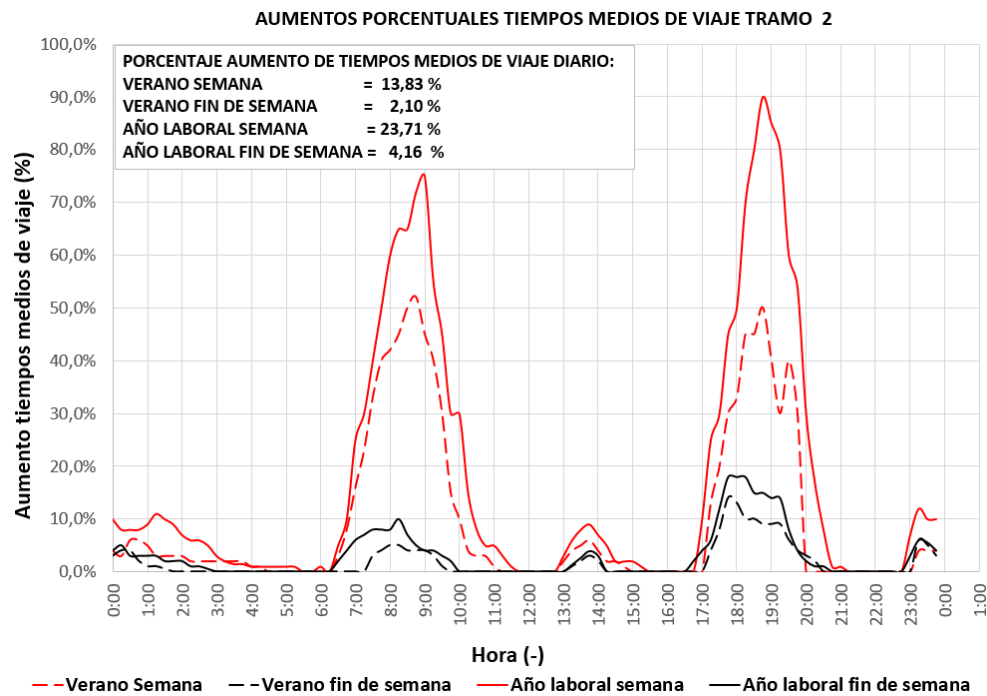


Figura 5.2.2: Resultados del indicador tramo 2.

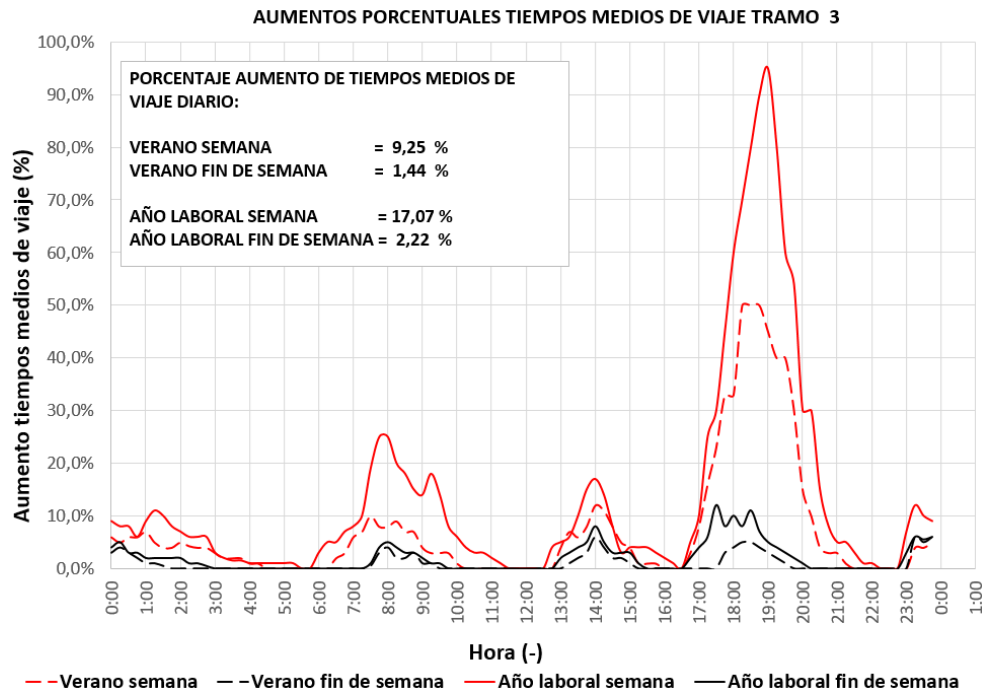


Figura 5.2.3: Resultados del indicador tramo 3.

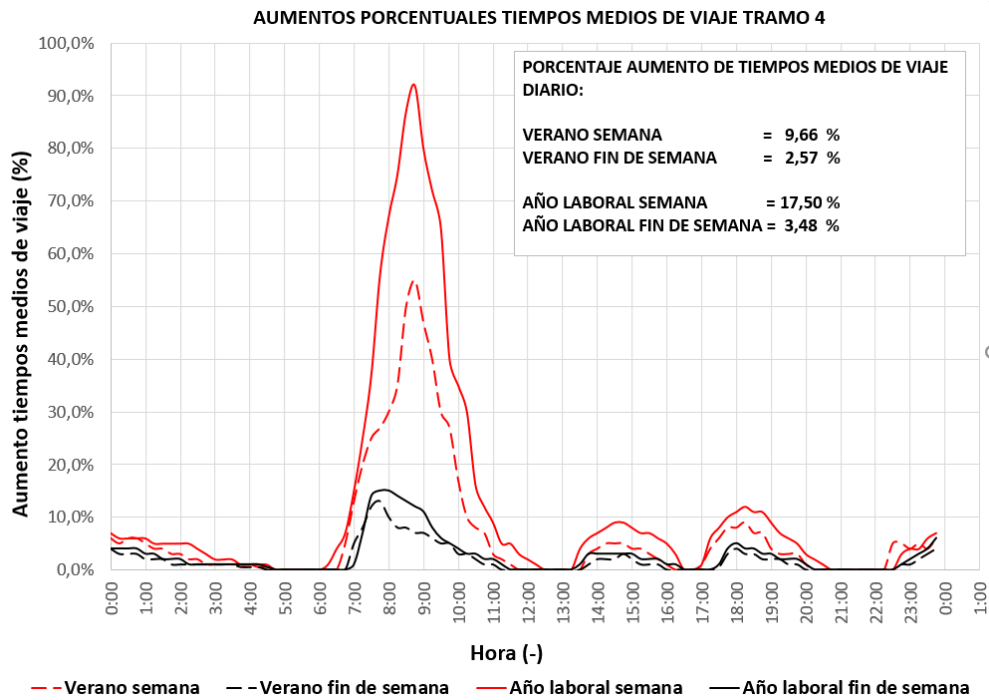


Figura 5.2.4: Resultados del indicador tramo 4.

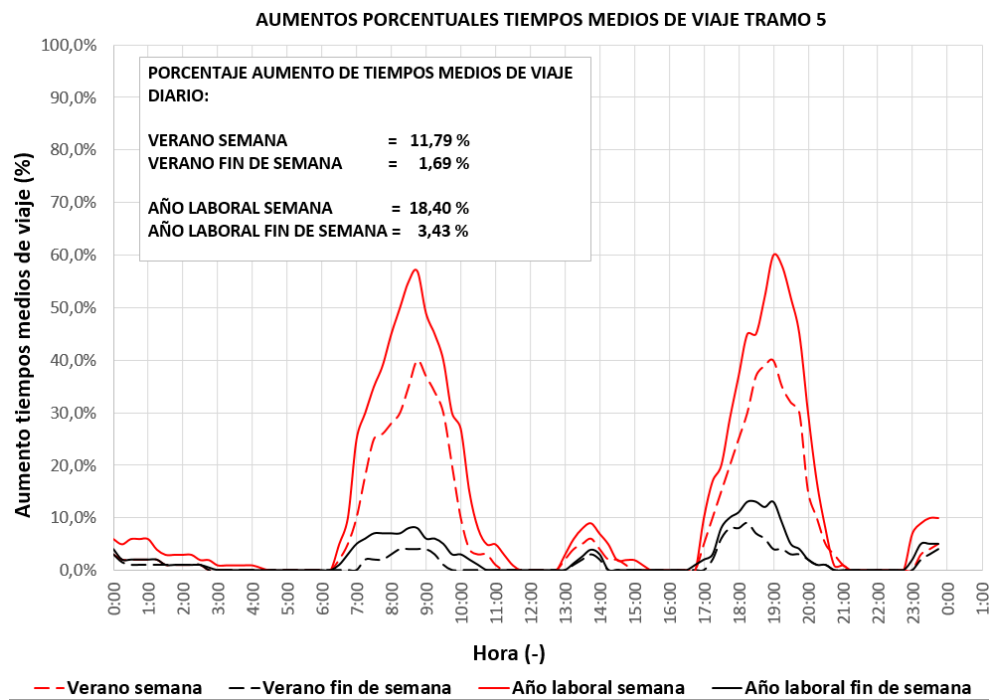


Figura 5.2.5: Resultados del indicador tramo 5.

Se aprecia claramente que los aumentos porcentuales en los tiempos de viaje son mayores cuando el evento de indisponibilidad de la vía se produce en el horario punta, a pesar de que la duración del evento sea la misma independiente del bloque horario. Esto se debe a la influencia que posee el nivel de congestión recurrente sobre los resultados del indicador, por lo cual es necesario actualizar anualmente los tiempos de viaje representativos para tener en consideración este efecto.

Al realizar el cálculo diario del indicador los aumentos en los tiempos de viaje que ocurren durante la hora punta ganan mayor relevancia, lo cual está alineado con el objetivo del indicador, el cual es capturar el cumplimiento de las expectativas en cuanto a movilidad de los usuarios. En el caso de los eventos ocurridos en horas fuera de punta, se ve el efecto contrario, lo cual incentivaría a la agencia vial a realizar obras que interrumpan la disponibilidad de la vía durante los bloques horarios menos solicitados.

Al diferenciar los tiempos representativos por día de la semana y temporada, se aprecian menores valores en los aumentos de los tiempos de viaje para los días del fin de semana en cada temporada y para la temporada de verano (enero-febrero), lo cual es esperable debido a que en la situación base en esos periodos circula menor cantidad de flujo, lo cual provoca que un evento de indisponibilidad de la vía afecte en menor medida la movilidad de los usuarios.

Se aprecia que el valor del indicador diario obtenido en todos los tramos posee un comportamiento similar, a mayores niveles de congestión de la situación base, mayores son los valores diarios, lo cual se refleja claramente en los días de semana laboral en donde el flujo circulante es mayor y el nivel de servicio desciende.

5.3. Variables a sensibilizar para la simulación mensual

Para cada variable se propondrán 3 casos de estudio, uno estricto, uno conservador y uno optimista.

5.3.1. Umbrales de nivel de desempeño diario por tramo analizado

Se proponen los siguientes casos de umbrales de desempeño diario:

Tabla 5.3.1: Propuesta de umbral diario por tramo 1.

		NIVELES DE DESEMPEÑO				
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
		% Aumento de los tiempos medios de viaje diario				
Caso 1 (U1) -		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.5[	[2.5 , 4.0[	[4.0 , 5.5[	> 5.5
Caso 2 (U2) -		[0.0 , 2.0[	[2.0 , 4.0[	[4.0 , 6.0[	[6.0 , 8.0[	> 8.0
Caso 3 (U3) -		[0.0 , 3.0[	[3.0 , 5.5[	[5.5 , 8.0[	[8.0 , 10.5.0[	> 10.5

5.3.2. Umbrales de nivel de desempeño mensual por tramo analizado

Se proponen lo siguientes casos de umbrales de desempeño mensual:

Tabla 5.3.2: Propuesta de umbrales mensuales por tramo 1.Caso M1

% Aumento tiempos de viaje medio diario		DÍAS AL MES CON MEDICIONES EN CADA NIVEL				
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Calificación del indicador	MUY BUENO	≥ 15	< 15	≤ 0	0	0
	BUENO	≥ 15		< 15	0	0
	JUSTO	-			0	≤ 0
	MALO	-			≤ 2	≤ 1
	MUY MALO	-			>2	-
		-				>1

Tabla 5.3.3: Propuesta de umbrales mensuales por tramo 2.Caso M2

% Aumento tiempos de viaje medio diario		DÍAS AL MES CON MEDICIONES EN CADA NIVEL				
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Calificación del indicador	MUY BUENO	≥ 15	< 15	≤ 1	0	0
	BUENO	≥ 15		< 15	0	0
	JUSTO	-			≤ 1	≤ 0
	MALO	-			≤ 2	≤ 1
	MUY MALO	-			>2	-
		-				>1

Tabla 5.3.4: Propuesta de umbrales mensuales por tramo 3.Caso M3

% Aumento tiempos de viaje medio diario		DÍAS AL MES CON MEDICIONES EN CADA NIVEL				
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Calificación del indicador	MUY BUENO	≥ 15	< 15	≤ 2	0	0
	BUENO	≥ 15		< 15	0	0
	JUSTO	-			≤ 2	≤ 0
	MALO	-			≤ 3	≤ 1
	MUY MALO	-			>3	-
					-	>1

5.3.3. Umbrales de nivel de importancia por tramo

Se proponen lo siguientes casos de umbrales de desempeño mensual:

Tabla 5.3.5: Propuesta de umbrales globales 1.

Nivel de importancia del tramo	Casos de análisis		
	Caso 1 (G1)	Caso 2 (G2)	Caso 3 (G3)
	Peso del tramo [%]	Peso del tramo [%]	Peso del tramo [%]
1°	>10	>15	>25
2°	[10,5]	[15,10]	[25,15]
3°	<5	<10	<15

5.4. Resultados de la simulación

5.4.1. Umbrales de nivel de desempeño diario por tramo analizado

En la tabla 5.4.1 se presenta un ejemplo de la mínima información que tiene que entregar el concesionario

Tabla 5.4.1: *Ejemplo de resultado de un mes. Tramo 1 - caso U1*

		AUMENTO TIEMPOS DE VIAJE MEDIOS DIARIOS [%]						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
OCTUBRE		0,00%	1,32%	0,00%	0,37%	0,00%	0,05%	0,00%
		0,88%	0,00%	0,03%	0,00%	0,18%	0,00%	0,00%
		0,00%	0,21%	0,24%	2,91%	0,01%	0,00%	0,16%
		0,07%	1,10%	0,16%	0,00%	4,34%	0,00%	0,00%
		0,18%	0,09%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

En las siguientes tablas se presenta la distribución de calificaciones diarias para todos los meses del año para cada uno de los tramos.

Tabla 5.4.2: *Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 1.*

Meses	Resultados diarios variando umbral diario tramo 1														
	U1					U2					U3				
	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM
Enero	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Febrero	25	2	0	1	0	27	0	1	0	0	27	1	0	0	0
Marzo	30	0	1	0	0	30	1	0	0	0	30	1	0	0	0
Abril	28	1	1	0	0	29	1	0	0	0	29	1	0	0	0
Mayo	29	0	0	1	1	29	0	1	1	0	29	1	1	0	0
Junio	29	0	0	1	0	29	0	1	0	0	29	1	0	0	0
Julio	29	1	0	1	0	29	1	1	0	0	30	1	0	0	0
Agosto	29	1	1	0	0	30	1	0	0	0	30	1	0	0	0
Septiembre	27	2	1	0	0	29	1	0	0	0	29	1	0	0	0
Octubre	29	0	1	1	0	29	1	1	0	0	29	2	0	0	0
Noviembre	28	2	0	0	0	28	2	0	0	0	30	0	0	0	0
Diciembre	27	4	0	0	0	30	1	0	0	0	31	0	0	0	0

Tabla 5.4.3: Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 2.

Meses	Resultados diarios variando umbral diario tramo 2														
	U1					U2					U3				
	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM
Enero	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Febrero	28	0	0	0	0	28	0	0	0	0	28	0	0	0	0
Marzo	30	1	0	0	0	30	1	0	0	0	31	0	0	0	0
Abril	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Mayo	29	2	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Junio	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Julio	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Agosto	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Septiembre	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Octubre	30	0	0	0	1	30	0	0	0	1	30	0	0	0	1
Noviembre	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Diciembre	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0

Tabla 5.4.4: Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 3.

Meses	Resultados diarios variando umbral diario tramo 3														
	U1					U2					U3				
	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM
Enero	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Febrero	27	1	0	0	0	28	0	0	0	0	28	0	0	0	0
Marzo	23	4	2	1	1	25	4	2	0	0	27	3	1	0	0
Abril	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Mayo	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Junio	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Julio	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Agosto	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Septiembre	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Octubre	30	0	0	0	1	30	0	1	0	0	30	0	1	0	0
Noviembre	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Diciembre	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0

Tabla 5.4.5: Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 4.

Meses	Resultados diarios variando umbral diario tramo 4														
	U1					U2					U3				
	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM
Enero	28	2	1	0	0	28	3	0	0	0	30	1	0	0	0
Febrero	25	1	0	1	1	25	1	1	0	1	26	1	0	0	1
Marzo	29	1	1	0	0	30	1	0	0	0	30	1	0	0	0
Abril	28	2	0	0	0	29	1	0	0	0	30	0	0	0	0
Mayo	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Junio	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Julio	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Agosto	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Septiembre	29	0	0	1	0	29	0	1	0	0	29	1	0	0	0
Octubre	28	3	0	0	0	29	2	0	0	0	31	0	0	0	0
Noviembre	28	1	0	1	0	29	0	1	0	0	29	1	0	0	0
Diciembre	30	1	0	0	0	30	1	0	0	0	31	0	0	0	0

Tabla 5.4.6: Resumen de los resultados al variar el umbral diario en el tramo 5.

Meses	Resultados diarios variando umbral diario tramo 5														
	U1					U2					U3				
	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM	MB	B	J	M	MM
Enero	30	0	0	1	0	30	0	1	0	0	30	1	0	0	0
Febrero	27	0	0	1	0	27	0	1	0	0	27	1	0	0	0
Marzo	25	3	2	1	0	28	2	1	0	0	28	3	0	0	0
Abril	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Mayo	27	1	1	2	0	27	2	2	0	0	28	3	0	0	0
Junio	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0
Julio	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Agosto	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0
Septiembre	29	0	0	1	0	29	0	1	0	0	29	1	0	0	0
Octubre	30	0	1	0	0	30	1	0	0	0	30	1	0	0	0
Noviembre	27	1	0	0	2	28	0	0	2	0	28	0	2	0	0
Diciembre	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0	31	0	0	0	0

Se aprecia que ha medida que aumenta el umbral de aceptable van disminuyendo los días con calificación malo, por lo tanto mejorarán las calificaciones mensuale sigualmente. Existen días en

calificación muy malo que no varían su calificación, eso es debido % de aumento de tiempo diario es demasiado alto para alcanzar a contrarrestarse con el cambio de umbral.

5.4.2. Umbrales de nivel de desempeño mensual por tramo analizado

En las siguientes tablas se presenta las calificaciones mensuales para cada tramo, considerando un umbral de desempeño mensual fijo.

5.4.2.1. Caso 1 (M1)

Tabla 5.4.7: Resultados con la propuesta 1 de umbrales mensuales.

Meses	Evaluaciones mensuales por umbral de aceptación diaria														
	Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3			Tramo 4			Tramo 5		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
Enero	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	1	1	0,25	0,75	1
Febrero	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,75	1
Marzo	0,75	1	1	1	1	1	0,25	0,75	0,75	0,75	1	1	0,25	0,75	1
Abril	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mayo	0,25	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,75	1
Junio	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Julio	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agosto	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Septiembre	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,75	1	0,25	0,75	1
Octubre	0,25	0,75	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,75	0,75	1	1	1	0,75	1	1
Noviembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,75	1	0	0,25	0,75
Diciembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

5.4.2.2. Caso 2 (M2)

Tabla 5.4.8: Resultados con la propuesta 2 de umbrales mensuales.

Meses	Evaluaciones mensuales por umbral de aceptación diaria														
	Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3			Tramo 4			Tramo 5		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
Enero	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1
Febrero	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,5	1	1
Marzo	1	1	1	1	1	1	0,25	0,75	1	1	1	1	0,5	1	1
Abril	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mayo	0,25	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,75	1
Junio	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Julio	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agosto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Septiembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1
Octubre	0,5	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25	1	1	1	1	1	1	1	1
Noviembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0,25	0,75
Diciembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

5.4.2.3. Caso 3 (M3)

Tabla 5.4.9: Resultados con la propuesta 3 de umbrales mensuales.

Meses	Evaluaciones mensuales por umbral de aceptación diaria														
	Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3			Tramo 4			Tramo 5		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
Enero	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1
Febrero	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,5	1	1
Marzo	1	1	1	1	1	1	0,25	1	1	1	1	1	0,5	1	1
Abril	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mayo	0,25	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1
Junio	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Julio	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agosto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Septiembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1
Octubre	0,5	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25	1	1	1	1	1	1	1	1
Noviembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0,25	0,5	1
Diciembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Se aprecia que ha medida que se disminuye los requisitos de umbrales mensuales las calificaciones mensuales van mejorando, pero existen calificaciones mensuales que permanecen igual, esto nuevamente se debe a que existe un día de octubre en el tramo 2 y un día de febrero en el tramo 4 en que el % de aumento en los tiempos de viaje es demasiado alto y es insensible a pequeños cambios en la evaluación.

5.4.3. Umbrales de nivel de desempeño mensual por concesión

A continuación se presenta el resumen de longitud y flujo de los tramos analizados; y sus respectivos pesos:

Tabla 5.4.10: *Peso de cada tramo del caso de análisis.*

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Longitud tramo [m]	6.000	4.500	6.500	6.500	3.000
Flujo semanal verano [veh]	343.636	234.574	230.881	244.385	281.349
veh-km semana verano [veh-km]	2.061.815	1.055.583	1.500.728	1.588.503	844.047
Flujo semanal laboral [veh]	358.041	259.573	260.928	269.644	303.274
veh-km semana laboral [veh-km]	2.148.247	1.168.079	1.696.029	1.752.683	909.821
Peso del tramo en verano [%]	29%	15%	21%	23%	12%
Peso del tramo año laboral [%]	28%	15%	22%	23%	12%

En las siguientes tablas se presenta la distribución de calificaciones globales de la concesiones, manteniendo contacto los umbrales mensuales.

5.4.3.1. Caso 1 (M1)

Tabla 5.4.11: *Resultados con la propuesta 1 de categorías de tramos.*

Meses	Evaluaciones globales variando categoría de los tramos								
	G1			G2			G3		
	M1-U1	M1-U2	M1-U3	M1-U1	M1-U2	M1-U3	M1-U1	M1-U2	M1-U3
Enero	0,47	0,97	1,00	0,50	0,97	1,00	0,51	0,97	1,00
Febrero	0,37	0,47	0,47	0,40	0,47	0,47	0,44	0,50	0,50
Marzo	0,42	0,92	0,94	0,45	0,92	0,94	0,49	0,92	0,94
Abril	0,93	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00
Mayo	0,42	0,47	0,93	0,45	0,47	0,93	0,46	0,47	0,93
Junio	0,47	0,93	1,00	0,47	0,93	1,00	0,47	0,93	1,00
Julio	0,47	0,93	1,00	0,47	0,93	1,00	0,47	0,93	1,00
Agosto	0,93	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00	0,93	1,00	1,00
Septiembre	0,47	0,91	0,94	0,50	0,91	0,94	0,51	0,91	0,94
Octubre	0,37	0,47	0,47	0,37	0,47	0,47	0,43	0,50	0,50
Noviembre	0,42	0,47	0,91	0,48	0,50	0,91	0,50	0,51	0,91
Diciembre	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

5.4.3.2. Caso 2 (M2)

Tabla 5.4.12: Resultados con la propuesta 2 de categorías de tramos.

Meses	Evaluaciones globales variando categoría de los tramos								
	G1			G2			G3		
	M2-U1	M2-U2	M1-U3	M2-U1	M2-U2	M2-U3	M2-U1	M2-U2	M2-U3
Enero	0,94	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00
Febrero	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,50	0,50	0,50
Marzo	0,47	0,94	1,00	0,47	0,94	1,00	0,50	0,94	1,00
Abril	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mayo	0,42	0,83	1,00	0,45	0,83	1,00	0,46	0,83	1,00
Junio	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00
Julio	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00
Agosto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Septiembre	0,88	0,94	0,94	0,88	0,94	0,94	0,88	0,94	0,94
Octubre	0,42	0,47	0,47	0,42	0,47	0,47	0,48	0,50	0,50
Noviembre	0,42	0,47	0,91	0,48	0,50	0,91	0,50	0,51	0,91
Diciembre	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

5.4.3.3. Caso 3 (M3)

Tabla 5.4.13: Resultados con la propuesta 3 de categorías de tramos.

Meses	Evaluaciones globales variando categoría de los tramos								
	G1			G2			G3		
	M3-U1	M3-U2	M3-U3	M3-U1	M3-U2	M3-U3	M3-U1	M3-U2	M1-U3
Enero	0,94	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00
Febrero	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,50	0,50	0,50
Marzo	0,47	1,00	1,00	0,47	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00
Abril	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mayo	0,47	0,86	1,00	0,47	0,86	1,00	0,47	0,86	1,00
Junio	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00
Julio	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00
Agosto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Septiembre	0,88	0,94	0,94	0,88	0,94	0,94	0,88	0,94	0,94
Octubre	0,42	0,47	0,47	0,42	0,47	0,47	0,48	0,50	0,50
Noviembre	0,42	0,88	0,94	0,48	0,88	0,94	0,50	0,88	0,94
Diciembre	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

A medida que los rangos umbrales para definir las categorías de importancia van aumentando la calificación global va mejorando, en este caso si existe una mejoría relativa de los meses en donde

se encuentran %aumentos de tiempos considerables, esto se debe a que el tramo en donde existía un aumento considerable en el tiempo de viaje posee un peso no tan relevante y al sensibilizar, este cambia de nivel de importancia.

El indicador de aumento porcentual de los tiempos de viaje medios es sensible para todas sus variable, se presentan toda la gama de calificaciones. El indicador se vuelve insensible en el caso de que existan días en donde el aumento en los tiempos de viaje sea demasiado grande, ya que condiciona todos los niveles de evaluación, lo cual es lo que se necesita para evaluar eficientemente a la concesionaria y esta no le preste menos atención a los tramos de menor peso.

Parte II

Conceptualización de un modelo para evaluar el desempeño en garantizar la conservación del patrimonio por parte de la concesionaria vial durante la etapa de explotación , aplicable en bases de licitación para futuras concesiones.

Capítulo 6

Definición de la herramienta más adecuada

Para definir cual es el mecanismo o herramienta de gestión más idónea para evaluar el desempeño de la concesionaria al conservar el patrimonio vial, se realiza una revisión bibliográfica de los métodos que se utilizan actualmente en el mundo y aquellos que están en investigación. Se propondrá una herramienta que sea aplicable en Chile con la tecnología existente y que cumpla con la hipótesis de este estudio.

6.1. Estado del arte y la práctica

Primero se estudia la experiencia nacional para luego revisar la internacional y establecer un punto de partida común.

6.1.1. Chile

6.1.1.1. Evaluación patrimonio vial MOP (2013)

La dirección de vialidad del MOP en 2013 contabiliza el valor patrimonial de la red nacional de carreteras. Para el cálculo de camino se requieren tres tipos de datos:

a) El primero está constituido por información de sectorización e inventario, tal como un catastro de todos los caminos existentes y de los diversos tramos que los componen, su longitud, las características físicas que definen el tipo de camino de que se trata y el volumen aproximado de tránsito diario.

b) El segundo es la información relativa al costo de construcción de un camino nuevo y al costo de diversos trabajos de mantenimiento rutinario, de renovación de superficie, y de rehabilitación y reconstrucción de las diferentes categorías de caminos existentes en el país.

c) El tercer tipo de información se relaciona con el estado actual de los caminos, y las necesidades de conservación que requieren estos caminos para mejorar su estado actual.

En el caso de puentes, túneles, y otros activos viales, se requieren dos tipos de datos para el cálculo del valor patrimonial:

a) El primero está constituido por información de inventario, tal como una lista de los diferentes activos existentes, su ubicación, y las características físicas que definen el tipo de activo catastrado.

b) El segundo es la información relativa al costo histórico de construcción, vida útil y valor de salvamento de los diferentes tipos de puentes, túneles u otros activos existentes en el país.

Finalmente los elementos a considerar en la valoración del patrimonio vial son los siguientes::

- Caminos pavimentados
- Caminos no pavimentados
- Caminos de tierra
- Caminos de ripio
- Caminos con capa de protección (CAPRO)
- Caminos estabilizados
- Túneles
- Puentes
- Ciclovías
- Pasarelas

El valor patrimonial total de la red nacional es la suma del valor actual de todos los elementos antes mencionados.

A continuación se presenta la metodología de cálculo de cada uno de los activos viales considerados:

6.1.1.1.1. Caminos pavimentados

Para los caminos pavimentados cuya carpeta de rodadura esté conformada por mezcla asfáltica, tratamiento superficial o losas de hormigón, su valor patrimonial se determina en función del estado actual basado en una clasificación de cinco niveles: muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno.

Estos caminos se dividen en tres tipos:

- Caminos cuya superficie de rodadura es de asfalto.
- Caminos cuya superficie de rodadura es de hormigón.
- Caminos cuya superficie de rodadura es de tratamiento superficial.

Los caminos evaluados son aquellos registrados en el Inventario Vial de Caminos Pavimentados y son depreciados según la Ecuación 6.1.1, en donde el costo de rehabilitación está dado por el Índice de Condición del Pavimento (ICP), este índice clasifica la condición en que se encuentra el camino. La ecuación para calcular el valor de caminos pavimentados es la siguiente:

$$V_{Actual} = CH - C_{rehabilitación_t} \quad (6.1.1)$$

Donde:

V_{Actual} = Valor monetario actual del camino, que corresponde al período en donde se calcula el Patrimonio Vial. [Unidad monetaria]

CH = Valor monetario que representa al camino como si estuviese “como nuevo”. Costo de construcción actualizado. [Unidad monetaria]

$C_{rehabilitación_t}$ = Costo necesario para llevar al activo a la condición inicial “como nuevo” en el tiempo “t”. [Unidad monetaria]

El costo del camino “nuevo” está en función del inventario vial de caminos pavimentados y de la base de datos de costos de caminos nuevos asociados a cada categoría, mientras que el costo de rehabilitación depende del Índice de Condición del Pavimento (ICP) y de la acción de conservación que es asignada para esa condición.

La clasificación de los caminos pavimentados comprende las siguientes cinco categorías:

- **Muy bueno:** Caminos nuevos o caminos que corresponden según su estado a un camino nuevo. Un camino “muy bueno” es al mismo tiempo “muy apto” para servir al usuario que quiere transitar con su vehículo. La calidad del camino sigue siendo la misma que tenía cuando se construyó, por este motivo, su valor patrimonial es igual al valor de un camino nuevo de iguales características.
- **Bueno:** Caminos en su mayor parte libres de defectos, que sólo requieren un mantenimiento rutinario y quizás un tratamiento superficial. Un camino clasificado como “bueno” tiene menos valor que el camino clasificado como “muy bueno”. La diferencia de valor entre ambos caminos corresponde al costo que supone mejorar el camino “bueno”, para que vuelva a quedar “muy bueno” y pueda resistir de mejor forma el tránsito por algunos años más.
- **Regular:** Caminos que presentan defectos y reducción de su capacidad estructural. Requieren renovación o refuerzo de la superficie, sin necesidad de demoler la estructura existente. Un camino clasificado como “regular” tiene menos valor que el camino clasificado como “bueno”.

La diferencia de valor con un camino nuevo corresponde al costo que supone mejorar el camino “regular”, para que vuelva a quedar “muy bueno” y pueda resistir el tránsito por algunos años más.

- **Malo:** Caminos que presentan defectos de estructura y que requieren rehabilitación inmediata, previa demolición parcial de los tramos deficientes. Un camino clasifica como “malo” tiene menos valor que el camino clasificado como “regular”. La diferencia de valor con un camino nuevo corresponde al costo que supone mejorar el camino “malo”, para que vuelva a quedar “muy bueno” y pueda resistir el tránsito por algunos años más.
- **Muy Malo:** Caminos que presentan graves defectos en la estructura y que requieren una reconstrucción, previa demolición de una gran parte de la estructura existente. Un camino clasificado como “muy malo” tiene una aptitud muy reducida o nula para servir al usuario. Su grado de deterioro es tal que los vehículos transitan con dificultad y a un costo muy elevado, por lo que el valor patrimonial del mismo es muy inferior que el del camino clasificado como “muy bueno”. La diferencia de valor con un camino nuevo corresponde al costo que supone mejorar el camino “muy malo” para que vuelva a ser “muy bueno”.

Las categorías anteriores se determinan según el valor obtenido al calcular el índice de condición del pavimento (ICP). En la tabla 6.1.1 se presenta en que clasificación se encuentra el pavimento según su valor de ICP.

Tabla 6.1.1: *Calificación de pavimentos según su valor de ICP (“Análisis de sensibilidad de parámetros del modelo HDM-4 y actualización de metodología para la determinación del estado de caminos pavimentados”. MOP, 2004).*

Estado	Caminos Nacionales, Regionales Principales y Regionales Provinciales	Caminos Regionales Comunales y de Acceso
Muy Bueno	9,0 a 10,0	8,0 a 10,0
Bueno	8,0 a 9,0	5,0 a 8,0
Regular	5,0 a 8,0	3,5 a 5,0
Malo	2,5 a 5,0	2,0 a 3,5
Muy Malo	1,0 a 2,5	1,0 a 2,0

La expresión e información necesaria para evaluar el ICP depende del tipo de camino pavimentado analizado, a continuación se presenta como se obtiene para los distintos tipos:

Pavimentos asfálticos

Tabla 6.1.2: Ecuación para calcular CPI para pavimentos asfálticos (*Proposición de Acciones de Mantenimiento.MOP,2017*).

$ICP = 9,64 - 0,637 IRI - 0,046 \text{ Ahuellamiento} - 0,047 \text{ Baches} - 0,034 \text{ G. Fatiga} - 0,027 \text{ Exudación} - 0,02 \text{ Grietas Lineales}$			
$R^2 = 0,95$	$r = -0,97$	$S = 0,586$	$DW = 1,76$

Donde:

ICP = Índice de condición de pavimento

Pavimentos de tratamiento superficial

Tabla 6.1.3: Ecuación para calcular CPI para tratamientos superficiales (*Proposición de Acciones de Mantenimiento.MOP,2017*).

$ICP = 10,707 - 0,642 IRI - 0,059 \text{ Ahuellamiento} - 0,053 \text{ Baches} - 0,045 \text{ Grietas} - 0,023 \text{ Exudación} - 0,013 \text{ Pérdida de Áridos}$			
$R^2 = 0,97$	$r = -0,98$	$S = 0,52$	$DW = 1,51$

Pavimentos de hormigón

Tabla 6.1.4: Ecuación para calcular CPI para pavimentos de hormigón (*Proposición de Acciones de Mantenimiento.MOP,2017*).

<p>Si el porcentaje de juntas transversales en estado bueno (B) y el porcentaje de juntas longitudinales en estado bueno (B) son mayores o iguales que 25%, entonces:</p>			
$ICP = 10,68 - 0,85 IRI - 0,057 \text{ Losas agrietadas (+ de 3 trozos)}$			
<p>De lo contrario:</p>			
$ICP = 10,68 - 0,85 IRI - 0,057 \text{ Losas agrietadas} - 1,0$			
$R^2 = 0,98$	$r = -0,99$	$S = 0,34$	$DW = 1,41$

Donde:

R^2 = Coeficiente de determinación.

r = Coeficiente de correlación.

S = error estándar.

DW = Estadístico Darwin Watson

6.1.1.1.2. Caminos de tierra

El valor de los caminos no pavimentados de tierra se mantiene constante, siendo su valor como nuevo o residual igual al correspondiente por concepto de Movimiento de Tierra y Preparación de la Faja.

$$V_{actual} = CH \quad (6.1.2)$$

Donde:

CH = Costo de construcción actualizado. [Unidad monetaria]

6.1.1.1.3. Caminos de ripio

Se considera una depreciación lineal basada en la pérdida anual de material granular (ripio) que experimenta la carpeta de rodado, la cual dependerá de la zona climática en que se encuentre ubicado el camino (norte, centro, sur o austral). La ecuación que calcula el valor monetario actual es la siguiente:

$$V_{actual} = CH - (CH - V_{actual\ ripio}) \quad (6.1.3)$$

Donde:

V_{actual} = Valor monetario actual del camino, que corresponde al período en donde se calcula el Patrimonio Vial. [Unidad monetaria]

CH = Valor monetario que representa al camino como si estuviese “como nuevo”. [Unidad monetaria]

$V_{actual\ ripio}$ = Valor monetario que representa la cantidad actual de ripio que tiene el camino. Para cálculos de la dirección de vialidad se considera una depreciación anual constante de la capa de material granular.

6.1.1.1.4. Caminos con capa de protección (CAPRO)

Se define un enfoque de cálculo basado en un deterioro o depreciación por IRI y por grietas que experimenta la carpeta de rodadura. La ecuación es la siguiente:

$$V_{actual} = V_{nuevo} - V_{IRI} - V_{grietas} \quad (6.1.4)$$

Donde:

V_{actual} = Valor monetario actual del camino, que corresponde al período en donde se calcula el Patrimonio Vial. [Unidad monetaria]

V_{nuevo} = Valor monetario que representa al camino como si estuviese “como nuevo”.. [Unidad monetaria]

V_{IRI} = Valor monetario que ha perdido el camino por concepto de la progresión del IRI en el tiempo. Este valor estará en función de un recapado de 5 cm, el valor por IRI será el 63 % del costo total del recapado.. [Unidad monetaria]

$V_{grietas}$ = Valor monetario que ha perdido el camino por concepto de la progresión de las grietas en el tiempo. Este valor estará en función de un recapado de 5 cm, el valor por grietas será el 37 % del costo total del recapado.[unidad monetaria]

6.1.1.1.5. Caminos estabilizados

El procedimiento para el cálculo de los caminos estabilizados se asemeja en gran medida al empleado en los caminos de ripio, siendo la principal diferencia que para los caminos estabilizados se consideran dos períodos de tiempo en los cuales la progresión del deterioro se comporta de manera diferente. En el primer período, el camino presenta una progresión menor del deterioro debido al producto aplicado para su estabilización, mientras que en el segundo período el camino se comporta como un camino de ripio, debido a la pérdida del estabilizador, por lo cual éste deja de actuar. Estos valores se encuentran dentro de las variables que pueden ser actualizadas dentro de la metodología. El procedimiento de cálculo es el mismo al descrito para caminos no pavimentados de ripio, con la excepción que los precios para el cálculo del Patrimonio Vial se modifican por el tipo de material que se emplea para su estabilización.

$$V_{actual} = CH - (CH - V_{actual\ estabilizado}) \quad (6.1.5)$$

Donde:

V_{actual} = Valor monetario actual del camino, que corresponde al período en donde se calcula el Patrimonio Vial. [Unidad monetaria]

CH = Valor monetario que representa al camino como si estuviese “como nuevo”. [Unidad monetaria]

$V_{actual\ estabilizado}$ = Valor monetario que representa la cantidad actual de material estabilizador que tiene el camino. Para cálculos de la dirección de vialidad se considera una depreciación anual constante de la capa de material granular, el cual depende del período su la vida útil en la cual se encuentra el activo.

6.1.1.1.6. Túneles

La valorización de los túneles se realiza de forma independiente, considerando una depreciación lineal para determinar el valor actual de los activos. La pérdida anual de valor o tasa constante de depreciación, se calcula como el costo histórico menos el valor residual dividido por la vida de servicio del túnel. La ecuación empleada para el cálculo del valor del activo se presenta a continuación:

$$V_{actual} = CH - \frac{CH - VR}{t_s}(t - t_c) \quad (6.1.6)$$

Donde:

V_{actual} = Valor actual del túnel. [Unidad monetaria]

CH = Costo de construcción actualizado. [Unidad monetaria]

VR = Valor residual del túnel. Para cálculos de la dirección de viabilidad se considera el costo de excavación. [Unidad monetaria]

t_c = Año de construcción. [Año]

t = Año actual. [Año]

t_s = Vida útil según tipología definida. Para cálculos de la dirección de viabilidad se considera 100 años de vida útil. [Años]

Para la implementación de este método de depreciación, se define previamente el valor residual (VR) y la vida útil de los túneles. El valor residual corresponde al valor que tendrá el activo al terminar su vida útil (t_s), o luego de ser completamente depreciado. En el caso de los túneles se supondrá un valor igual al costo de excavación de acuerdo con la sección transversal de cada túnel. El costo estimado de construcción dependerá del volumen de excavación, cantidad de revestimiento, volumen de pavimento y cantidad de equipamiento, cuyas cantidades dependen de la geometría del túnel y su longitud. De acuerdo con la base de datos disponibles se consideran tres tipos de secciones transversales para los túneles: tipo herradura de fondo plano, cuadrada y de medio punto.

6.1.1.1.7. Puentes

La valorización de puentes se realiza considerando una depreciación lineal. Se define una clasificación según las características constructivas de la infraestructura, vigas y tipo de tablero (hormigón, acero y madera). Los puentes al cumplir su vida útil pierden totalmente su valor, siendo necesario reconstruirlos por completo. Por lo tanto, no se considerará un valor residual en la evaluación de estos activos. La pérdida anual de valor o tasa constante de depreciación, se calcula como el costo histórico dividido por la vida de servicio del puente. La ecuación empleada se presenta a continuación:

$$V_{actual} = CH - \frac{CH - VR}{t_s}(t - t_c) \quad (6.1.7)$$

Donde:

V_{actual} = Valor actual del puente. [Unidad monetaria]

CH = Costo de construcción actualizado. [Unidad monetaria]

VR = Valor residual del puente. Para cálculos de la dirección de viabilidad se considera cero. [Unidad monetaria]

t_c = Año de construcción.[Año]

t = Año actual.[Año]

t_s = Vida útil según tipología definida.[Años]

6.1.1.1.8. Ciclovías

La valorización de ciclovías se realiza en forma individual, considerando una depreciación lineal para determinar el valor actual de los activos. La ecuación empleada para el cálculo del valor del activo se presenta a continuación:

$$V_{actual} = CH - \frac{CH - VR}{t_s}(t - t_c) \quad (6.1.8)$$

Donde:

V_{actual} = Valor actual de la ciclovía. [Unidad monetaria]

CH = Costo de construcción actualizado. [Unidad monetaria]

VR = Valor residual de la ciclovía. [Unidad monetaria]

t_c = Año de construcción.[Año]

t = Año actual.[Año]

t_s = Vida útil.[Años]

Para la implementación de este método de depreciación, es necesario definir previamente el valor residual (VR) y la vida útil de cada uno de los activos viales considerados. El valor residual corresponde al valor que tendrá el activo al terminar su vida útil (t_s), o luego de ser completamente depreciado.

6.1.1.1.9. Pasarela

La valorización de pasarelas se realiza en forma individual, considerando una depreciación lineal para determinar el valor actual de los activos. La ecuación empleada para el cálculo del valor del activo se presenta a continuación:

$$V_{actual} = CH - \frac{CH - VR}{t_s}(t - t_c) \quad (6.1.9)$$

Donde:

V_{actual} = Valor actual de la pasarela. [Unidad monetaria]
 CH = Costo de construcción actualizado. [Unidad monetaria]
 VR = Valor residual de la pasarela. [Unidad monetaria]
 t_c = Año de construcción.[Año]
 t = Año actual.[Año]
 t_s = Vida útil.[Años]

Para la implementación de este método de depreciación, es necesario definir previamente el valor residual (VR) y la vida útil de cada uno de los activos viales considerados. El valor residual corresponde al valor que tendrá el activo al terminar su vida útil (t_s), o luego de ser completamente depreciado.

La dirección de vialidad del MOP luego de este estudio realizado en 2013, decidió la incorporación de más activos viales a evaluar para obtener el valor del patrimonio vial de la red nacional chilena (Orden N° 11612. Actualización definición de activos de infraestructura vial de la dirección de vialidad). Los activos que actualmente se consideran en el cálculo del valor patrimonial de la infraestructura son los siguientes:

- Caminos
- Vías de servicio
- Puentes
- Viaductos
- Paso superior
- Túnel
- Trinchera
- Cobertizo
- Enlace

6.1.2. Internacional

Existen diversos documentos en donde se estudia la valoración del patrimonio vial mediante indicadores de desempeño estructural y/o funcional, a continuación se presentan las metodologías más relevantes:

6.1.2.1. Elemental decomposition and multi-criteria method (Dojutrek, M. S., Makwana, P. A., et al, 2012)

Este método de valoración del patrimonio propone que los activos se pueden evaluar desde distintas perspectivas, dependiendo el objetivo estratégico que se requiera evaluar y de que tan complejo puede ser el activo, pudiéndose descomponer en su sub-activos y evaluar estos por separado. El valor patrimonial total será la suma del valor de cada uno de los elementos y sub-elementos.

6.1.2.1.1. Evaluación de lo atributos de los activos

Una de las perspectivas a considerar es la del usuario, por lo que es necesario evaluar la condición funcional del activo, mediante la siguiente expresión:

$$CR_t = \frac{P_t - P_{worst}}{P_{best} - P_{worst}} \quad (6.1.10)$$

Donde:

CR_t = Valor actual del activo. [Unidad monetaria]

P_t = Condición del activo en el tiempo t. Mediante el empleo de indicadores de desempeño.

P_{best} = La mejor condición que puede tener el activo. Mediante el empleo de indicadores de desempeño.

P_{worst} = La peor condición que se acepta que pueda tener el activo. Mediante el empleo de indicadores de desempeño.

También se busca evaluar desde la perspectiva del estado, calculando la vida remanente del activo. Esta relación es relevante para el estado, ya que la puede utilizar para gestionar futuras inversiones, en cambio para el usuario que transita por la vía no significa mucho, ya que esta no es percibida por ellos. Para calcular la vida remanente de los activos se utilizan expresiones como la siguiente:

$$RSLR_t = \frac{RSL_t}{SL} \quad (6.1.11)$$

Donde:

$RSLR_t$ = Razón de vida útil del activo. [-]

RSL_t = Vida útil remanente del activo. [Años]

SL = Valor útil del activo. [Años]

Cada agencia vial establece las metodologías necesarias para obtener CR_t y $RSLR_t$.

6.1.2.1.2. Valoración total del patrimonio

Finalmente para obtener el valor total del activo considerando las perspectivas que se evalúan, se utiliza la siguiente expresión:

$$V_t = (w_u (Cost * CR_t) + w_a (Cost * RSLR_t)) \quad (6.1.12)$$

Donde:

V_t = Valor patrimonial del activo. [Unidad monetaria]

w_u = Importancia relativa para el usuario.

w_a = Importancia relativa para la agencia.

Cada agencia vial tiene que definir las metodologías necesarias para obtener la importancia relativa de cada perspectiva (objetivo estratégico analizado).

La expresión final para calcular el valor patrimonial de cada activo y sub-activo vial es la siguiente:

$$V_t = \left(w_u \left(Cost * \frac{P_t - P_{worst}}{P_{best} - P_{worst}} \right) + w_a \left(Cost * \frac{RSL_t}{SL} \right) \right) \quad (6.1.13)$$

Para obtener la valorización total del patrimonio vial es necesario sumar el valor de cada uno de los elementos considerados.

6.1.2.2. Replacement, downtime, and salvage (RDS) method (Dojutrek, M. S., Makwana, P. A., et al, 2012)

Este método propone que el valor patrimonial de un activo corresponde a todos los costos asociados para la reposición de este en el caso que falle, ya que considera que el patrimonio tiene que reflejar la importancia de cada activo tanto para el estado como para el usuario que transita por la vía, el valor patrimonial se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V_t = CH + CS + CTD - AR \quad (6.1.14)$$

Donde:

V_t = Costo de reposición. [Unidad monetaria]

CH = Costo de construcción histórico ajustado por inflación. [Unidad monetaria]

CS = Costo social generado por la reconstrucción del activo. [Unidad monetaria]

CTD = Costo de transporte de desechos. [Unidad monetaria]

AR = Ahorro por reciclaje de material. [Unidad monetaria]

A continuación se definen cada uno de los costos asociados al cálculo del valor patrimonial:

6.1.2.2.1. Costo por reconstrucción (CH)

Es el costo de construcción histórico del activo actualizado por inflación. Este valor se obtiene desde la base de datos de costos que manejen las agencias viales.

6.1.2.2.2. Costo social debido a la reconstrucción (CS)

Al fallar un activo vial se producirán aumentos en los costos sociales debido a las zonas de trabajo, ya que estas provocarán una disminución temporal de la capacidad de la vía, que en algunos casos podrá ser total, lo cual genera desde disminuciones de velocidad de circulación hasta desvíos por caminos alternativos (re-ruteo). Esto afecta en los tiempos de viaje de los usuarios y en los costos operacionales de los vehículos, lo cual puede ser monetizado mediante diversas metodologías. A continuación se presentan las metodologías de cálculo de estos costos.

Costo social de los usuarios por aumento en sus tiempos de viaje.

Los costos sociales por aumento en los tiempos de viaje se obtienen con la siguiente expresión:

$$Cost_{ttc} = \sum_{i=1}^m UTTC(i) \left(\frac{DL}{SP(i)} \right) N(i) \quad (6.1.15)$$

Donde:

$Cost_{ttc}$ = Costo social total asociado al aumento en los tiempos de viaje debido a trabajos en la vía. [Unidad monetaria]

$UTTC(i)$ = Costo social debido a aumento en tiempos de viaje por tipo de vehículo i . [Unidad monetaria/minuto]

DL = Distancia a transitar con capacidad disminuida. [km]

$SP(i)$ = Velocidad media de los vehículos tipo i . [km/hr]

$N(i)$ = Número de vehículos por tipo i . [-]

m = Cantidad de tipos de vehículos a considerar. [-]

Costo social de los usuarios por aumento en la operación vehicular.

Los costos sociales por aumento en la operación vehicular se obtiene con la siguiente expresión:

$$Cost_{voc} = \sum_{i=1}^m U_{voc}(i)(DL)N(i) \quad (6.1.16)$$

Donde:

$Cost_{voc}$ = Costo social total asociado al aumento en los costos vehícuales de operación debido a trabajos en la vía. [Unidad monetaria]

$U_{voc}(i)$ = Costo social debido a aumento en costos vehiculares operacionales para el vehículo tipo i. [Unidad monetaria/km]

DL = Distancia a transitar con capacidad disminuida. [km]

$N(i)$ = Número de vehículos por tipo i.[-]

m = Cantidad de tipos de vehículos a considerar.[-]

6.1.2.2.3. Costo transporte de desechos (CTD)

Considera todos los costos asociados al transporte de material del activo que falló desde su punto de falla al botadero más cercano.

6.1.2.2.4. Ahorro por reciclaje (AR)

Es el ahorro generado en el caso de que algún material del activo que falló se pueda reutilizar en la reconstrucción del activo.

6.1.2.3. Gross replacement cost (CIPFA, 2016)

Este método de valoración se presenta en “Code of practice on the highways network asset”, documento elaborado en reino unido y que se utiliza para realizar la contabilidad de activos viales.

Este método considera que el valor patrimonial es igual al costo de construcción actualizado por inflación del activo vial.

$$V_t = CH \quad (6.1.17)$$

Donde:

V_t = Valor patrimonial del activo. [Unidad monetaria]

CH = Costo de construcción actualizado por inflación. [Unidad monetaria]

6.1.2.4. Depreciation (CIPFA, 2016)

Este método de valoración de patrimonio también es presentado en el código mencionado anteriormente, considera que el valor patrimonial de un activo es igual a su costo de construcción actualizado por inflación menos la depreciación que presente el activo analizado en base a indicadores de desempeño, en la siguiente figura se presenta un ejemplo de como obtener la depreciación de un activo en base a un indicador de desempeño y al conocimiento de la curva de deterioro del activo. El valor patrimonial del activo se obtiene utilizando la expresión 6.1.18.

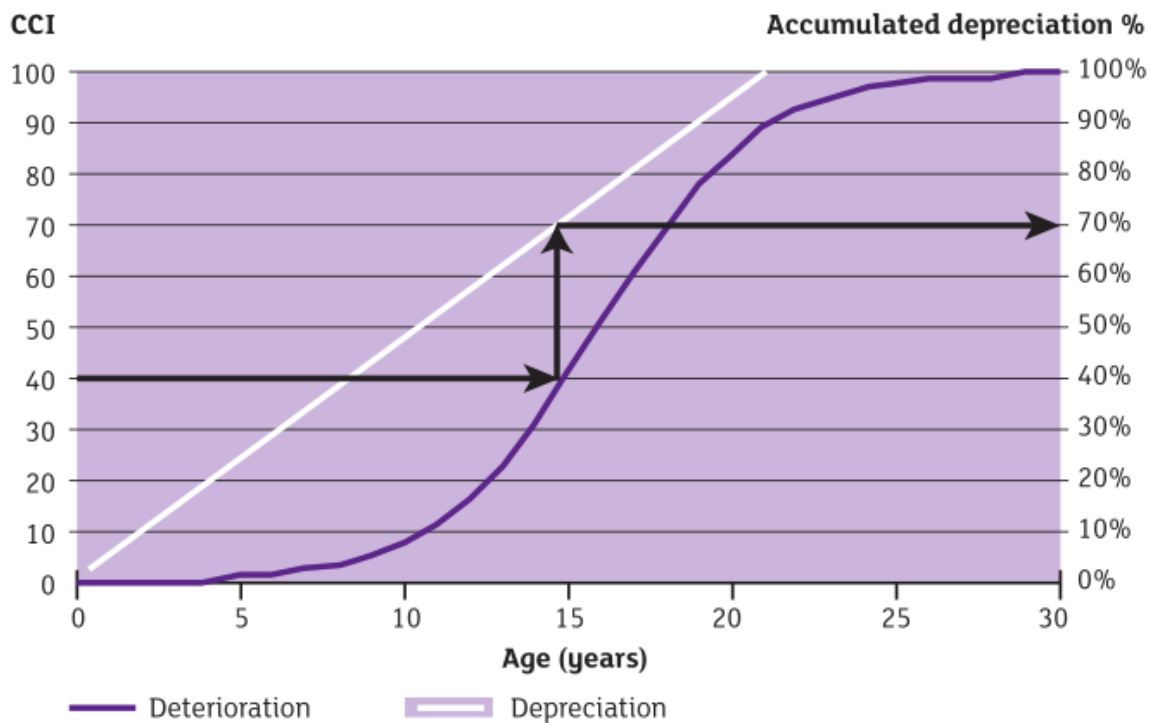


Figura 6.1.1: Conversión de índice de condición (CCI) a depreciación acumulada.

Fuente: CIPFA, 2016.

$$V_t = CH * AD \tag{6.1.18}$$

Donde:

V_t = Valor patrimonial del activo. [Unidad monetaria]

CH = Costo histórico de construcción actualizado por inflación. [Unidad monetaria]

AD = Depreciación acumulada, la cual depende de la condición del activo analizado. [%]

6.1.2.4.1. Activos sugeridos a considerar para la evaluación del patrimonio vial

Code of practice on the highways network asset (CIPFA, 2016), recomienda la consideración de a lo menos los siguientes activos viales para la valoración del patrimonio vial:

Tabla 6.1.5: *Listado de activos a considerar en evaluación de patrimonio vial (CIPFA, 2016).*

Grupo de activo	Tipo de activo
Plataforma	Pavimentos Elementos de área
	Elementos lineales
Veredas y ciclovías (asociadas a una vía de servicio)	Ciclovías Veredas
Estructuras	Puentes Soporte de letreros de información Cámaras de inspección Alcantarillas (luz > 0,9m) Postes de iluminación altos Muros de contención Suelos reforzados (h>1,5 m) Tunel (>150 m) Paso inferior humano y animal Paso inferior vehiculos Estructura especial
Iluminación	Postes Luces empotradas en muros Señales de tráfico iluminadas
Equipamiento	Transporte Carretera Amenidad
Sistema de gestión de tráfico	Señales ferroviarias Señales para transeuntes Paso de cebras
	Sistemas de información CCTV (Circuito cerrado de televisión)

6.1.2.5. Structural Index (Litzka, J., Leben, B., et al, 2008)

El estudio internacional COST (Litzka, J., Leben, B., et al, 2008) propone tres niveles de evaluación de la condición estructural de pavimento, según la cantidad de información disponible, la cual no garantiza completamente la funcionalidad para el usuario, por este motivo el índice es útil para evaluar principalmente la conservación del patrimonio.

En este estudio se generan distintos niveles de precisión para calcular el valor patrimonial del pavimento dependiendo la cantidad de información disponible de su condición. Los niveles y la respectiva información requerida es la siguiente:

Nivel 1 ó mínimo :

- Capacidad de soporte (Deflectometría de impacto)

Nivel 2 ó estándar:

- Capacidad de soporte
- Agrietamiento

Nivel 3 u óptimo:

- Regularidad longitudinal
- Capacidad de soporte
- Regularidad transversal
- Agrietamiento

Para evaluar cada uno de estos niveles es necesario conocer la condición de las características del pavimento, para ello se propone el uso de indicadores técnicos con sus respectivas métricas y umbrales de aceptación. Proponen evaluar cada característica con su respectiva ficha técnica, como la que se presenta a continuación:

Tabla 6.1.6: *Ficha técnica capacidad de soporte (COST, 2006).*

1. Performance Indicator details		Sheet 5			
Indicator Name:	Bearing Capacity, PI_B				
Description of Index:	A measure of the structural performance of the pavement.				
Possible TPs:	Residual life, Surface Curvature Index, Deflection, Structural number, E-modulus, Deflection velocity and others.				
2. Proposed Technical Parameter(s)					
Technical Parameter(s):	Residual life / Design life, R/D Surface Curvature Index, SCI ₃₀₀	Units:	none	µm	
3. Proposed Transfer function(s), usage and Limitations					
Proposed Transfer Function(s):	$PI_B = \text{Max}(0; \text{Min}(5; 5 \cdot (1 - R/D)))$				[1]
	$PI_B = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (SCI_{300} / 129)))$				[2]
	$PI_B = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (SCI_{300} / 253)))$				[3]
Usage of Transfer Functions(s):	Either transformation [1] or [2]/[3] can be used depending on data availability. Transformation [2] should only be used for pavements with Weak bases. Transformation [3] should only be used for pavements with Strong bases.				
Limitations of Proposed Transfer Function(s):	Transformation [1] is all suitable for all pavements (flexible, semi-rigid and rigid). Transformations [2] and [3] are all suitable for flexible and semi-rigid pavements. Transformations [1], [2] and [3] are all suitable for motorways and primary roads.				
4. Range and Sensitivity of Transfer functions					
	Very Good		→	Very Poor	
Bearing Capacity, PI_B	0 to 1	1 to 2	2 to 3	3 to 4	4 to 5
R/D - Transformation [1]	1.0 – 0.8	0.8 – 0.6	0.6 – 0.4	0.4 – 0.2	0.2 – 0.0
SCI ₃₀₀ (µm) - Transformation [1]	0 – 129	129 – 258	258 – 387	387 – 516	516 – 645
SCI ₃₀₀ (µm) - Transformation [2]	0 – 253	253 – 506	506 – 759	759 – 1012	1012 – 1265

Con las fichas técnicas es posible evaluar de manera objetiva la condición de los activos, en este

caso de los pavimentos.

Luego de evaluar cada uno de los indicadores con información disponible, se calcula el valor de índice estructural. El valor de cada indicador será ponderado por la importancia relativa que la agencia vial le asigne. Para obtener el valor se utiliza la siguiente expresión:

$$EI = \frac{w_E PI_E + w_R PI_R + w_{CR} PI_{CR} + w_B PI_B}{\sum_{i=1}^n w_i} \tag{6.1.19}$$

Donde:

- EI** = Índice de condición estructural del pavimento. [-]
- PI_E** = Evaluación del indicador de regularidad longitudinal. [-]
- PI_R** = Evaluación del indicador de regularidad transversal. [-]
- PI_CR** = Evaluación del indicador del agrietamiento. [-]
- PI_B** = Evaluación del indicador de capacidad de soporte. [-]
- w_E** = Importancia relativa de la regularidad longitudinal. [-]
- w_R** = Importancia relativa de la regularidad transversal. [-]
- w_CR** = Importancia relativa del agrietamiento. [-]
- w_B** = Importancia relativa de la capacidad de soporte. [-]

En este caso la importancia relativas sugeridas por el estudio se presentan en la tabla 6.1.7.

Tabla 6.1.7: Ponderadores de importancia de los indicadores para el índice estructural (COST, 2006)

Single Performance Index	Weight W' [0-1] (0 = lowest importance, 1 = highest importance)			
	Structural Index			
	min ^{*)}	max ^{*)}	median	mean
PI evenness (PI_E)	0.5	0.8	0.7	0.6
PI rutting (PI_R)	0.4	0.8	0.5	0.5
PI cracking (PI_CR)	0.8	1.0	0.9	0.9
PI bearing capacity (PI_B)	1.0	1.0	1.0	1.0

^{*)} second largest and second lowest value of statistical evaluation

Obteniéndose la evaluación del índice estructural, con el cual se conoce la condición estructural en la que se encuentra el pavimento. Con este se pueden realizar seguimientos para evaluar la gestión de la agencia vial en la conservación del patrimonio.

6.2. Elección de herramienta para medir la conservación del patrimonio vial durante la explotación de la concesión

De la revisión de la literatura se aprecia que existen diversas maneras de evaluar el patrimonio vial, en este caso se necesita una herramienta que sea capaz de evaluar la conservación del patrimonio durante la etapa de explotación y que sea complementario al modelo de nivel de servicio del usuario (Muñoz, 2019), de tal manera que no queden elementos sin evaluar durante la operación y se garantice un buen servicio al usuario, mientras se conserva el valor de la infraestructura. Por ello se decide utilizar un modelo lineal en donde la calificación de desempeño final de la infraestructura dependa del comportamiento individual de cada uno de los activos a considerar. La evaluación de cada uno de los activos se realizará mediante las fichas técnicas desarrolladas durante fases anteriores del proyecto FONDEFIT16I1008, estas se encuentran en los anexos de este documento. La evaluación de cada uno de los activos viales será ponderada según la importancia relativa que tenga cada activo, para así obtener una calificación global representativa de la conservación de la carretera.

En los siguientes capítulos se presenta el desarrollo de la conceptualización del modelo de conservación de patrimonio vial.

Capítulo 7

Conceptualización de modelo de conservación del patrimonio vial

7.1. Modelo para evaluar la conservación del patrimonio vial

El modelo de conservación de patrimonio vial es complementario al modelo de nivel de servicio para el usuario (Muñoz, 2019), el primero evalúa la condición estructural de todos los elementos que el usuario no es capaz de percibir durante su experiencia de viaje. Estos son complementarios, ya que el modelo de conservación del patrimonio busca garantizar la óptima condición estructural de los activos viales, lo cual minimiza la posibilidad que se pierda la conectividad de la carretera debido a la falla de algún elemento relevante la infraestructura. En el caso de que fallen elementos críticos para la carretera, todos los valores en juego del modelo de nivel de servicio se verán afectados, ya que cambian las condiciones en las que el usuario se traslada.

Se desarrolla una propuesta para evaluar el desempeño de la concesionaria al momento de garantizar la conservación de todos aquellos elementos que no son evaluados en el modelo de nivel de servicio del usuario, pero que son relevantes al momento de garantizar la condición estructural y el valor patrimonial de la infraestructura.

Este modelo debe desarrollarse independientemente para cada concesión, ya que cada una presenta distintos activos viales que lo caracterizan y no todos tienen la misma importancia relativa. Con el objetivo de desarrollar un modelo para evaluar la conservación de patrimonio vial, se tiene en consideración lo siguiente:

- Definición de activos viales a considerar en la evaluación.
- Definición características relevantes a evaluar de los activos viales.
- Definición de como se evaluarán las características de importancia.
- Determinar la importancia relativa entre los activos viales al momento de ponderar las evaluaciones.

- Determinar como se obtendrá la evaluación global del modelo

7.1.1. Estructura conceptual del modelo

En la figura 7.1.1, se presenta un esquema conceptual del modelo de conservación del patrimonio vial. En las siguiente secciones se desarrolla cada uno de los elementos que forman parte del modelo.

El modelo se estructura de la siguiente manera:

- Se evalúan distintas características de los activos viales mediante indicadores técnicos.
- Mediante suma ponderada (α) se obtiene la evaluación del activo/ sub-activo.
- Mediante suma ponderada (β) se obtiene la evaluación del grupo de activos.
- Mediante suma ponderada (γ) se obtiene la evaluación global de la conservación del patrimonio.

En las secciones 7.2.3 y 7.3.2 se profundiza en la evaluación de la característica y de los ponderadores de importancia, respectivamente.

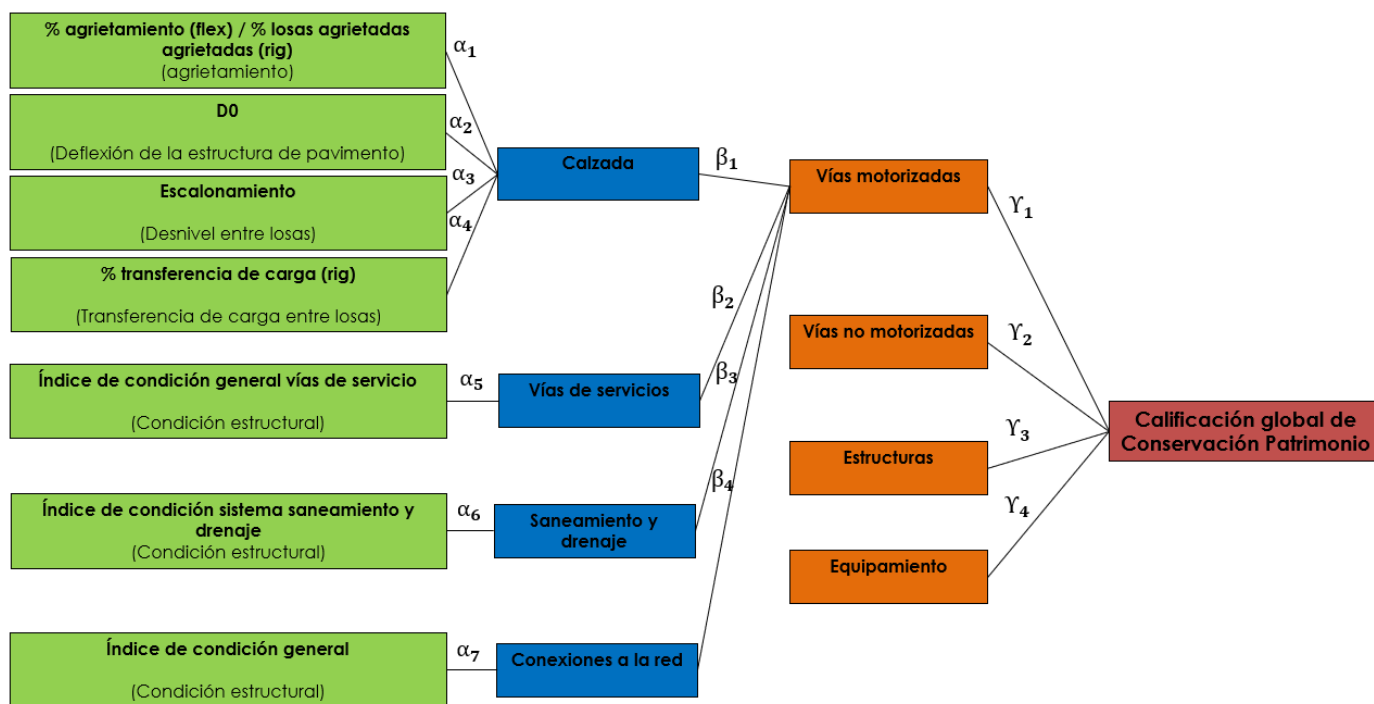


Figura 7.1.1: Esquema conceptual modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía.

Fuente: Elaboración propia.

7.2. Activos de la infraestructura vial

Como se menciona anteriormente, existen activos cuya condición es percibida por los usuarios (afectando la comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad de este) durante la operación de la concesión y otros que no. A continuación, se presentan los activos presentes la infraestructura vial, para luego discriminar aquellos que se evaluarán en el modelo de conservación del patrimonio vial, ya que el modelo de nivel de servicio para el usuario (Muñoz, 2019) no garantiza necesariamente su óptima condición estructural.

7.2.1. Activos viales a evaluar durante la explotación de una concesión vial

- **Plataforma:** corresponde a la superficie visible de una vía formada por su(s), calzada(s), sus bermas, los sobreanchos de plataforma (SAP) y su mediana, en caso de existir esta última como parte de la sección transversal tipo.
 - **Calzada:** es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular.
 - **Berma:** faja lateral, pavimentada o no, adyacente a la calzada de un camino.
 - **Sobreancho de plataforma (SAP):** es un ancho adicional de la plataforma que permite construir una berma homogénea en todo su ancho, a la vez que la confina entre este y la calzada, para asegurar su estabilidad y geometría.
 - **Mediana:** lugar físico, tipo franja, ubicado paralelamente al trazado de la vía para separar dos calzadas con sentido de circulación contrario.
- **Señalización de tránsito vertical:** son dispositivos instalados a los lados o sobre un camino, presentando letreros que alertan al usuario. Pueden ser informativas, preventivas o reglamentarias.
- **Señalización de tránsito horizontal (demarcaciones):** corresponden a líneas, símbolos, letras u otras tales como tachas ubicadas sobre la superficie de la calzada. Todas las vías pavimentadas deben contar con este tipo de señales. Pueden ser planas o elevadas.
- **Barreras de contención:** elementos diseñados para resistir el impacto de vehículos y redireccionar su movimiento cuando éstos abandonan la calzada producto de pérdida de control.
- **Amortiguadores de impacto:** elementos certificados diseñados para absorber energía cinética, pudiendo ser móviles o fijos, con o sin capacidad de direccionamiento, evitando el impacto con áreas de riesgo o con objetos fijos peligrosos.
- **Pistas de emergencia:** pista lateral, de largo limitado, a la que un vehículo con fallas en los frenos o de otro tipo, podrá entrar para detenerse.

- **Señalización variable:** serie de mensajes en texto o pictogramas de aparición eventual, materializados en letreros destinados a informar, indicar limitaciones reglamentarias o advertir a los usuarios de situaciones especiales que se encontrarán en la vía.
- **Sistema de iluminación o postación:** conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos.
- **Túneles:** vía subterránea que, por lo general, se abre de modo artificial con el objetivo de permitir la comunicación entre dos lugares. En términos generales, se divide en los siguientes subactivos viales:
 - Sistema estructural.
 - Sistema de ventilación.
 - Sistema eléctrico.
 - Sistema de iluminación.
 - Sistema de seguridad contra incendios.
 - Sistema de saneamiento y drenaje.
- **Puentes:** obra longitudinal a la vía, que permite la continuidad de vehículos en una carretera concesionada sobre ríos, mar, esteros, lagos, lechos o cualquier obstáculo natural por donde pueda escurrir agua provocando algún grado de socavación en las cepas de la estructura. En términos generales, se divide en los siguientes subactivos viales:
 - Superestructura o tablero
 - Infraestructura o todo lo que soporta la superestructura
 - Elementos conexos
- **Viaducto:** obra longitudinal a la vía, que permite la continuidad de vehículos en una carretera concesionada sobre cualquier obstáculo natural por donde no pueda escurrir agua. En términos generales, se divide en los siguientes subactivos viales:
 - Superestructura o tablero
 - Infraestructura o todo lo que soporta la superestructura
- **Pasos superiores longitudinales:** obra longitudinal a la vía, que permite la continuidad de vehículos en una carretera concesionada sobre vías férreas, carreteras o cualquier tipo de paso de vehículos. En términos generales, se divide en los siguientes subactivos viales:
 - Superestructura o tablero
 - Infraestructura o todo lo que soporta la superestructura
- **Pasos superiores transversales:** obra transversal a la vía en análisis, que funciona como paso de vehículos sobre de esta.

- Superestructura o tablero
- Infraestructura o todo lo que soporta la superestructura
- **Área de pasos inferiores:** infraestructura que se utiliza como vía de paso transversal de vehículos, peatones o animales. Este pasa por debajo del eje principal de la vía.
- **Paraderos de buses y casetas:** corresponden a elementos destinados a proteger al peatón del flujo vehicular y de las condiciones climáticas, además de facilitarle un lugar de descanso mientras espera la llegada del bus al paradero. Los paraderos de buses van acompañados de aceras que sirven de vías de accesos de los peatones hacia el lugar de estacionamiento de los buses y de casetas destinadas para protegerse de la lluvia o sol.
- **Sistemas de citofonía de emergencia:** permiten establecer comunicación de voz, en modo de operación manos libres, entre cualquier teléfono de emergencia y la central, pudiendo ésta mantener un registro de todos los eventos y sucesos, así como grabar las conversaciones.
- **Áreas de servicio:** zonas adyacentes al camino en las que el usuario encuentra estacionamientos, zonas de descanso, paraderos de buses, SOS, etc.
- **Cercos y portones:** tienen la función de delinear el derecho de vía del camino y sirven como una barrera para evitar los ingresos de personas, vehículos o animales a la faja vial.
- **Pantallas antideslumbramiento:** tienen la función de impedir físicamente, por obstrucción, que la iluminancia de las luces de los vehículos que transitan en sentido opuesto alcance la zona de visión del conductor.
- **Taludes de cortes y terraplén no protegida:** superficie inclinada con respecto a la horizontal, con estructura de suelo o roca, que permite conformar la carretera.
- **Taludes de cortes y terraplén protegida:** superficie inclinada con respecto a la horizontal, con estructura de suelo o roca, los cuales poseen elementos de protección o sujeción de corte, que evitan los derrumbes o rodados, tales como muros de contención, rejas, gaviones, mallas de protección, etc.
- **Plazas de peaje/ Sistema free-flow:** instalaciones diseñada para efectuar el cobro de peaje.
- **Plazas de pesaje:** instalaciones diseñadas para controlar el peso de buses y camiones que circulan por las carreteras.
- **Obras de protección fluvial:** construcciones diseñadas con el propósito de evitar erosiones o socavaciones en sus márgenes, en caminos aledaños, obras de arte, puentes o estructuras, por la acción de la corriente, o bien para evitar desbordes o inundaciones que puedan afectar las obras viales u otros tipos de infraestructura pública o privada.
- **Saneamiento y drenaje:** dispositivos dispuestos para obtener el saneamiento y drenaje de la carretera.

- **Ciclovías:** pistas diseñadas para el tránsito de ciclistas, con el fin de aumentar los niveles de seguridad vial de todos los usuarios de una vía.
- **Pasarela peatonal:** estructura elevada cuyo objetivo es facilitar el tránsito seguro de peatones cuando atraviesan una vía.
- **Aceras:** parte de una vía destinada al uso de peatones.
- **Pantallas acústicas:** dispositivos empleados en las vías con el fin de mejorar las condiciones acústicas del entorno vecino a la vía o a las instalaciones de faena.

Una vez presentado los activos que participan en la infraestructura vial, se procede a discriminar aquellos que al ser evaluado funcionalmente garantizan su buen comportamiento estructural, por lo tanto, es suficiente que se evalúen en el modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía. A continuación se presentan los activos que cumplen la condición explicada anteriormente:

- **Plataforma:**
 - Mediana, berma y sobreebanco de plataforma (SAP): estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial a la seguridad percibida, por ende, son evaluados en el modelo de nivel de servicio (N.S) mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Señalización de tránsito vertical:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial en la seguridad cuando se tratan de señales reglamentarias y en accesibilidad cuando se trata de señales informativas, son evaluados en el modelo N.S de usuario mediante un indicador de funcionalidad e integridad por lo que, si se garantiza un buen nivel para el usuario, se garantiza un buen funcionamiento estructural.
- **Señalización de tránsito horizontal (demarcaciones), barreras de contención, amortiguadores de impacto, pistas de emergencia:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial a la seguridad percibida, son evaluados en el modelo de usuario correspondiente mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Señalización variable:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial a la seguridad, debido a la entrega oportuna de información en el caso de accidentes, es evaluado en modelo N.S para el usuario mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Sistema de iluminación y/o postación:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, afectando su comodidad por los niveles de uniformidad lumínica y también la seguridad por la intensidad lumínica, son evaluados en el modelo N.S mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Túneles:**

- Sistemas de ventilación, iluminación, seguridad contra incendios: estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial la comodidad en el caso de la iluminación y seguridad para la ventilación y sistemas contra incendio, son evaluados en el modelo N.S para el usuario mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- Sistema eléctrico: los elementos que componen este sistema son fungibles, es decir, dada la vida útil de los elementos constituyentes del sistema eléctrico, lo más probable es que finalizando la concesión cumpla su vida útil y se deben remplazar, por lo mismo, no adicionan un valor patrimonial que se deba mantener en la concesión. Además, garantizando una buena funcionalidad en los sistema de ventilación, iluminación y seguridad contra incendios, se garantiza indirectamente el cuidado del sistema eléctrico.
- **Área de pasos inferiores:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, son evaluados en el modelo correspondiente mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Paraderos de buses y casetas:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, son evaluados en el modelo correspondiente mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Sistemas de citofonía de emergencia:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial la seguridad percibida por los usuarios al momento de pedir asistencia, son evaluados en el modelo correspondiente mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Áreas de servicio:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial la comodidad que estas brindan a los usuarios, son evaluados en el modelo correspondiente mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Cercos y portones:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial a la seguridad percibida por el usuario, ya que estos evitan el cruce inesperado de animales, son evaluados en el modelo de N.S para el usuario mediante un indicador de funcionalidad e integridad.
- **Pantallas antideslumbramiento:** estos elementos tienen directa relación con la experiencia de viaje de los usuarios, en especial la seguridad percibida por los usuarios, son evaluados en el modelo N.S para el usuario mediante un indicador de funcionalidad e integridad.

7.2.2. Características de los activos viales a evaluar en el modelo de conservación del patrimonio vial

Una vez excluidos los activos que al evaluar su funcionalidad se garantiza su condición estructural, quedan los activos que son necesarios evaluar directamente para asegurar su buen comportamiento estructural. Una vez definido los activos a considerar en el modelo, es necesario determinar cuales son las características de estos elementos que son relevantes al momento de considerar su valor patrimonial. Para ello se presentan todos los activos viales del modelo de conservación del patrimonio con sus respectivas características posibles a evaluar, de las cuales se incluirán solo aquellas que no son garantizadas por el modelo de nivel de servicio al usuario. Cada una de estas características es evaluada mediante su correspondiente indicador técnico.

- **Plataforma**
 - **Calzada**
 - Regularidad longitudinal del pavimento.
 - Regularidad transversal del pavimento.
 - Nivel de ruido de la interacción neumático-pavimento.
 - Resistencia al deslizamiento en la capa de rodadura.
 - Deflexiones del pavimento.
 - Transferencia de carga en pavimentos rígidos.
 - Agrietamientos del pavimento.
- **Vías de servicio**
 - Integridad del paquete estructural
- **Saneamiento y drenaje**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos (deterioros estructurales, funcionales, por desgaste y de contorno)
- **Ciclovías**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos
- **Aceras**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos
- **Pasarelas peatonales**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos.
- **Puentes, viaductos y pasos superiores longitudinales**
 - Superestructura

- Integridad
- Funcionalidad del tablero
- Infraestructura:
 - Integridad y funcionalidad
- Elementos
 - Integridad y funcionalidad
- **Pasos superiores transversales**
 - Superestructura
 - Integridad y funcionalidad del tablero
 - Infraestructura:
 - Integridad y funcionalidad
 - Elementos
 - Integridad y funcionalidad
- **Túneles**
 - Integridad del sistema estructural
 - Sistema de saneamiento y drenaje: Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos (deterioros estructurales, funcionales, por desgaste y de contorno).
- **Taludes de corte y terraplén no protegidas**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de esos elementos.
- **Taludes de corte y terraplén protegidas**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos.
- **Obras de protección fluvial**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos.
- **Sistemas de peaje**
 - Sistema presencial: Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos.
 - Sistema Free-Flow: Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos.
- **Pantallas acústicas**
 - Funcionalidad e integridad de cada uno de sus elementos.

Nota: Las siguientes características no se incluyeron en esta propuesta de modelo de conservación de patrimonio, ya que son evaluadas en el modelo complementario de nivel de servicio al usuario (Muñoz, 2019): Regularidad longitudinal del pavimento, el cual es percibida a través del valor en juego comodidad, Regularidad transversal del pavimento, el cual es percibida a través del valor en juego seguridad, Nivel de ruido de la interacción neumático-pavimento, el cual es percibida a través del valor en juego comodidad, Resistencia al deslizamiento en la capa de rodadura, el cual es percibido por el valor en juego seguridad; y funcionalidad del tablero de puente, el cual es percibido a través del valor en juego comodidad.

7.2.3. Evaluación de las características

Una vez determinada las características y activos que se se evalúan para el modelo de conservación de patrimonio, es necesario definir como se evaluarán dichas características, éstas se evalúan mediante indicadores técnicos los cuales están asociados a fichas e informes técnicos, documentos técnicos que se elaboraron en etapas pasadas del proyecto FONDEF IT16I10008 (Ver anexos). En la siguiente figura se presenta una ficha técnica a modo de ejemplo:

Las ficha técnica deberán contar con a lo menos:

- Característica a evaluar.
- Indicador técnico utilizado.
- Unidad y frecuencia de medidad.
- Normativa de referencia.
- Equipos de medición.
- Metodología de medición y consideraciones.
- Umbrales de desempeño.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Agrietamientos en pavimentos flexibles/rígidos	
IDENTIFICADOR	PL-CA-FT8	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicadores técnicos para la evaluación de pavimentos (PL-CA-IT2)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Porcentaje de agrietamiento (pav. flexible)	[%]	Anual
Porcentaje de losas agrietadas (pav. rígido)	[%]	Anual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
AASHTO PP 67 Quantifying Cracks in Asphalt Pavement Surfaces from Collected Pavement Images Utilizing Automated Methods		
AASHTO PP 68 Collecting Images of Pavement Surfaces for Distress Detection		
ASTM E-1656 Standard Guide for Classification of Automated Pavement Condition Survey Equipment. Pavement Condition Survey Equipment		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
Equipo de medición de grietas C2221 o superior (según ASTM E-1656)		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
Se deben inspeccionar todas las pistas.		
Se deben recolectar imágenes del pavimento según se establece en AASHTO PP 68		
Se deben reportar las grietas por tipo (pattern, transverse, longitudinal), severidad y zona según se define en AASHTO PP 67. Para efectos de evaluar el desempeño se consideran como grietas aquellas que no poseen sello íntegro y bien adherido, sin embargo de igual forma se deben reportar las grietas selladas.		
La longitud de la sección de resumen debe ser 50 m. Tanto para pavimento flexibles como de hormigón.		
Para determinar los niveles de desempeño se deben sumar los valores de agrietamiento por tipo (pattern, transverse, longitudinal) en la sección de resumen y contrastarlos con lo establecido en (I) en el caso de los pavimentos flexibles, las grietas transversales y longitudinales se transforman a un equivalente de área al multiplicar su longitud por 0.5 m.		
Se considera que una losa está agrietada si presenta al menos una grieta longitudinal, transversal o de esquina según la sección Deterioros en Pavimentos Rígidos del Catálogo de Deterioros Anexo al MC-V7. Los niveles de desempeño se establecen según (II) en el caso de los pavimentos rígidos.		
La escala de desempeño es distinta para cada tipo de pavimento, pero como en ambos casos se mide en unidades espaciales de 50 metros, se utiliza la tabla adjunta para evaluar el comportamiento a nivel de carretera, considerando la totalidad de secciones analizadas.		

Figura 7.2.1: Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de los pavimentos flexibles y rígidos en función del porcentaje de agrietamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Con la ficha técnica se obtiene el valor del indicador para su unidad temporal y espacial correspondiente, el cual es evaluado al compararlo con los umbrales previamente definidos para cada ficha. Cada agencia vial define cuales son los valores limites que estan dispuestos a aceptar para cada uno de sus indicadores, lo cual dependerá del estándar que le otorguen a la vía. La evaluación consta de dos niveles:

- Evaluación puntual.
- Evaluación global.

A continuación se presentan estas dos evaluaciones a realizar:

7.2.3.1. Evaluación puntual

Mediante la metodología de cálculo del indicador presentada en la ficha técnica, se obtiene un valor para la sección analizada, el cual se compara con una escala de desempeño para así evaluar puntualmente la característica. A continuación se presenta un ejemplo de escala de evaluación de desempeño correspondiente a la ficha técnica presentada anteriormente:

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(I) Agrietamiento pavimento flexible [%]				
[0.0 , 4.0[	[4.0 , 7.0[	[7.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0[	> 15.0
(II) Losas de hormigón agrietadas [%]				
[0.0 , 5.0[	[5.0 , 10[	[10 , 15[	[15 , 20[	> 20.0

Figura 7.2.2: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.3.2. Evaluación global

Teniendo la evaluación de todas las secciones de un indicador para una concesión, se califica su desempeño global, para ello se compara la distribución de evaluaciones con una tabla de conformidad, la cual representa los limites aceptables de secciones que no cumplan cierto estándar. Estas distribuciones de secciones aceptables son definidas por la agencia vial y depende del estándar que se le otorque a la carretera. A continuación se presenta un ejemplo de tabla de conformidad correspondiente a la ficha técnica presentada:

		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de agrietamiento				
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	< 1	= 0	= 0
	Bueno	≥ 50		< 50	= 0	= 0
	Justo	-			≤ 5	≤ 2
	Malo	-			≤ 15	≤ 2
	Muy malo	-			> 15	≤ 2
	Muy malo	-				> 2

Figura 7.2.3: Protocolo de calificación para la carretera.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.4. Agrupación de activos viales

Una vez establecidos los activos que influyen dentro del modelo de conservación de patrimonio vial y sus respectivas características relevantes, se agrupan los activos según el comportamiento que estos tienen en la concesión vial en especial por su distribución espacial y la duración de su ciclo de vida. Se propone utilizar la agrupación presentada en “Code of practice on the highway network asset. CIPFA(2016)”, la cual se basa en los dos factores mencionados anteriormente, esto facilita el proceso de elaborar el inventario y posteriormente evaluar la condición de cada uno de los elementos, ya que cada grupo tiene comportamientos similares. Los grupos de activos propuestos, con sus respectivos activos y características a evaluar son los siguientes:

- **Vías motorizadas**

- Plataforma
 - Pavimentos asfálticos
 - ◊ Agrietamiento (8.0.1)
 - ◊ Capacidad estructural (8.0.2)
 - Pavimentos de hormigón
 - ◊ Agrietamiento (8.0.1)
 - ◊ Transferencia de carga (8.0.3)
- Vías de servicio (8.0.4)
- Saneamiento y drenaje (8.0.5)

- **Estructuras**

- Túneles
 - Sistema estructural
 - Saneamiento y drenaje (8.0.5)
- Puentes (8.0.6)
- Pasos superiores transversales (8.0.6)
- Pasarelas (8)
- Taludes de corte y terraplén no protegidos (8)
- Taludes de corte y terraplén protegidos (8)
- Obras de protección fluvial (8)

- **Vías no motorizadas**

- Ciclovías (8)
- Aceras (8)

- **Equipamiento**

- Pantallas acústicas (8)
- Sistema de peaje presencial (8)
- Sistema de peaje Free-Flow (8)

Estos grupos con sus respectivos activos y características a evaluar conforman el modelo de conservación del patrimonio vial.

7.3. Importancias relativas de activos viales

Una vez definidos los grupos de activos, activos y subactivos viales, con sus características e indicadores correspondientes, se establece importancia relativa entre cada uno de ellos. Los ponderadores se separan en dos grupos, diferenciándose en la forma en que se calcularán:

- Ponderadores de grupos de activos, activos y subactivos viales .
- Ponderadores de características/indicadores técnicos .

A continuación se presenta como se calculan ambos tipos de ponderadores, los cuales indicarán la importancia relativa entre activos y permite obtener una calificación general de la condición estructural de la infraestructura vial en base a la evaluación de cada uno de los activos.

7.3.1. Metodología de cálculo de los ponderadores (importancias relativas)

7.3.1.1. Ponderadores de grupos de activos, activos y sub-activos viales.

La importancia relativa de cada activo se calcula a partir de su costo histórico de construcción, según la metodología desarrollada en la sección 7.3.2.2. El peso de cada activo/sub-activo corresponde a la razón entre su costo histórico de construcción y la suma de los costo históricos de construcción de todos los activos.

Para obtener la importancia relativa de una agrupación de activos, basta con calcular la razón del costo histórico de construcción de esos activos con el costo histórico de todos los elementos considerados en el modelo.

7.3.1.2. Ponderadores de características/indicadores técnicos

En el caso que un activo/ sub-activo sea evaluado por más de un indicador técnico, es necesario establecer una importancia relativa entre estos indicadores. A continuación se presentan los indicadores técnicos para pavimentos flexibles y rígidos:

- **Características de pavimentos flexibles**
 - Porcentaje de agrietamiento para pavimento flexible (δ_1).
 - Deflexión máxima (δ_2).
- **Características de pavimentos rígidos**
 - Porcentaje de losas agrietada para pavimento rígido (δ_3).
 - Porcentaje de transferencia de carga (δ_4).

En este caso la importancia relativa de cada indicador técnico depende del peso del espesor que es evaluado, considerando que el agrietamiento solo afecta la capa de rodadura y las deflexiones al paquete estructural completo.

7.3.2. Metodología de cálculo del valor patrimonial/social de los activos viales

Para evaluar que tan importante es la conservación de cada activo durante la explotación de una concesión, es necesario conocer el costo asociado a la falla de este debido a una deficiente conservación (Dojutrek, M. S., Makwana, P. A., 2012). El costo a calcular es el percibido tanto por el estado que busca conservar sus activos como la del usuario que ve aumentado sus costos sociales al transitar por una vía que presenta sectores de indisponibilidad debido a la falla de activos. Para evaluar este efecto se propone medir el costo de reposición asociado a la falla de cada activo de la carretera, considerando su relevancia para el estado y para el usuario, para ello se toman en cuenta todos los costos generados por su reposición. Lo anterior, puede verse reflejado en la ecuación 7.3.1.

$$CR_j = CH_j + CTD_j + CTV_j + CA_j + CO_j \quad (7.3.1)$$

CR_j : Costo de reposición del activo vial j, en UF .

CH_j : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo vial j, en UF .

CTD_j : Costo por transporte de desechos por falla del activo vial j, en UF .

CTV_j : Costo por aumento de tiempos de viaje debido a la falla del activo vial j, en UF .

CA_j : Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a la falla del activo vial j, en UF .

CO_j : Costos por aumento de operación vehicular debido a la falla del activo vial j, en UF .

En las siguientes secciones se presenta, en forma generalizada, la metodología a seguir para determinar cada tipo de costo establecido en la ecuación 7.3.1. En la sección 7.3.3 se presenta en detalle la determinación de costos para cada activo vial, dado que cada uno presenta consideraciones particulares.

Para obtener los costos de reposición es necesario definir cuales son los activos que en el caso de fallar provocan aumentos en los costos sociales de los usuarios (tiempo, desgaste del vehículo y accidentes). A continuación se presenta la clasificación de los activos viales según el impacto que produzca la falla de estos en los costos sociales para los usuarios.

Estos costos determinan cuales son los elementos de mayor importancia para la concesión y que tendrán que ser conservados con mayor rigurosidad. Definen las condicionales de desempeño del modelo.

7.3.2.1. Clasificación de los activos viales

Se propone clasificar los activos viales según el impacto que tienen sobre los usuarios que transitan por la vía en el caso de que fallen, estas categorías son las siguientes:

- **Activos viales críticos:** son aquellos activos que en el caso de fallar producen una reducción parcial o total de la capacidad de la vía, provocando aumento en los tiempos de viaje,

accidentes y costo operacional vehicular (costos sociales), debido a la disminución de las velocidades medias de viaje y/o cambios en la ruta de viaje. A continuación se presenta un listado no taxativo de los elementos críticos:

- Plataforma (calzada)
 - Saneamiento y drenaje
 - Pasarelas peatonales
 - Puentes
 - Túneles
 - Pasos superiores longitudinales
 - Pasos superiores transversales
 - Taludes de corte no protegidas
 - Taludes de terraplén no protegidas
 - Taludes de corte y terraplén protegidas
- **Activos viales no críticos:** son aquellos activos que, en el caso de fallar, no producen ningún tipo de alteración en el flujo vehicular de la vía. También aquellos que al momento de fallar afectan a un porcentaje reducido de usuarios, como es el caso de algunos elementos de conexión a la red.

A continuación se detalla como obtener los costos de reposición y cada uno de sus componentes:

7.3.2.2. Costo histórico de construcción (CH)

Es el costo de histórico de construcción actualizado por inflación del activo o subactivo vial, considerando todas sus partidas: materiales, herramientas, equipos, mano de obra, etc. Este valor debe estimarse para todo activo y/o subactivo vial, mediante cálculo de precios unitarios y/o valores históricos, actualizados al presente por inflación.

7.3.2.3. Costo por transporte de desechos (CTD)

Corresponde al costo por concepto de transporte del material de desecho de un activo al fallar, desde el lugar donde falló al botadero.

Este costo depende principalmente de:

- Distancia entre activo vial fallido o en mal estado y el botadero, relleno sanitario o recicladora más conveniente para depositar sus desechos. A partir de ahora, esto se va a identificar como distancia “D”.

- Volumen de material a desechar y que es necesario transportar, lo cual se va a identificar como material “M”.
- Costo unitario por transporte de desechos, en $\frac{UF}{m^3-km}$, el cual queda determinado por el tipo de camión a utilizar y todo el procedimiento de transporte asociado (carguío, transporte de material, descarga y retorno).

El costo por transporte de desechos de cada activo o subactivo vial se estima mediante la siguiente expresión 7.3.2.

$$CTD_j = \overline{CTD} \cdot \overline{D}_j \cdot V_j \quad (7.3.2)$$

\overline{CTD} : Costo unitario promedio de transporte de desechos, en $\frac{UF}{m^3-km}$.

\overline{D}_j : Distancia promedio en transporte de desechos asociado al activo vial j, en *metros*.

V_j : Volumen total del activo vial j dentro de la concesión, en m^3 .

Se presentan algunas consideraciones a tener en cuenta para el cálculo del costo de transporte de desecho:

- **Distancia D**

Corresponde a la menor distancia o la más conveniente, en términos de costos operacionales o estratégicos, entre el activo o subactivo vial que falle y el sitio hacia donde se deben transportar los desechos de este. Resulta razonable utilizar una distancia promedio que cubra todo tipo de activo vial perteneciente a la concesión.

- **Material M**

Material que requiere ser transportado dada la falla de un activo vial, corresponde al volumen total del activo.

- **Costo unitario por transporte de desechos**

Costo unitario, que cubre todos los costos operacionales asociado a los camiones encargados de transportar los desechos del activo vial que falle. A partir de un estudio realizado en Perú sobre el transporte de materiales en obras viales (Análisis del transporte de material en obras viales de Helen Hilario-Teodoro, 2018) y de revisión de precios del mercado chileno, el costo unitario por transporte de desechos promedio es aproximadamente $0.007 \frac{UF}{m^3-km}$.

7.3.2.4. Costos sociales por aumento en los tiempos de viaje (CTV)

El tiempo que los usuarios invierten transitando en la vía principal posee un costo, por lo que, si algún activo vial de la concesión no se encuentra en funcionamiento, se generan costos extras asociados a aumentos de tiempos de viaje de los usuarios, ya que las solución temporales a un activo fallido probablemente sea hacer circular a los vehículos por una ruta de menor estándar o por la calzada adyacente, donde los tiempos de viajes incrementan debido a la mayor distancia a recorrer, por mayores niveles de saturación y/o por la disminución del estándar de la vía en la ruta alternativa. El aumento de estos costos no solo va a depender de la solución temporal al activo fallido, sino que también al tipo de activo, ya que todos poseen distintos tiempos de reposición y de puesta en marcha.

La estimación de costos por aumento en tiempos de viaje se hace solo para elementos críticos, es decir, elementos viales que fallan e interrumpen el flujo vehicular de manera parcial o total . Los demás activos tienen CTV nulo. Para su estimación se deben considerar dos situaciones: la situación normal u original, donde existe un flujo libre de vehículos que circulan a través de la ruta, suponiendo que los activos viales se encuentran funcionales; y una situación de ruta alternativa o “re-ruteo”, en donde se realiza el supuesto que algún elemento de la vía fallo y es necesario redirigir los flujos vehiculares por una ruta alternativa, esta puede pertenecer o no al área de concesión. Los dos tipos de rutas descritas anteriormente (original y alternativa), se pueden visualizar en la Figura 7.3.1, donde se presenta un ejemplo de ruta alternativa debido a la falla de un puente..

Las distancias de ambas rutas se miden desde que se origina el desvío hasta que vuelven a coincidir ambas rutas.



Figura 7.3.1: Ruta original y ruta alternativa generada por un reruteo al fallar el activo crítico “Puentes”.

Fuente:Elaboración propia.

Las rutas originales y alternativas deben determinarse para cada elemento crítico, de este modo, pueden estimarse los costos por aumentos en tiempos de viaje mediante la ecuación 7.3.3, o bien, mediante algún método más preciso como sería el uso de algún software (HDM4 o equivalente).

$$CTV_j = TR_j(TV_j^{RO} - TV_j^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.3)$$

TR_j : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha debido al re-ruteo generado por la falla del activo j , en *horas*. Teniendo en cuenta que estos tiempos son muy variables para las concesiones, es labor de la agencia vial la definición de estos tiempos.

TV_j^{RO} : Tiempo de viaje para ruta original, en *horas*. Se obtiene dividiendo el largo de la ruta original por la velocidad de operación en esta. Si se desconoce la velocidad de operación, puede aproximarse a la velocidad de proyecto.

TV_j^{RA} : Tiempo de viaje para ruta alternativa por falla de activo j , en *horas*. Se puede obtener dividiendo el largo de la ruta alternativa sobre la velocidad de operación en esta. La velocidad de operación va a depender del estándar de la ruta alternativa y de la saturación que se genere, esta velocidad se estima según la Tabla 7.3.1, donde se ingresa con la velocidad de flujo libre de la ruta alternativa, obteniendo la velocidad de operación final dada por la saturación. Se considera que las rutas alternativas fueras del área de concesión serán por lo general bidireccionales.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual asociado al tipo de vehículo i , en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía. Este valor puede determinarse para el año que se estime conveniente, no obstante,

se recomienda usar el décimo año desde la puesta en marcha, para garantizar que los costos sociales tengan una importancia relativa relevante.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para tipo de vehículo i , en $\frac{UF}{hr-vehículo}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2, cualquier otro vehículo que no se encuentre en esta tabla, se debe incorporar mediante criterio de expertos.

Tabla 7.3.1: *Velocidad de operación dada por la saturación al disminuir la capacidad de la vía principal (Actualización parámetros modelos HDM-4, APSA y DDQ).*

Velocidad de flujo libre [km/h]	Velocidad por saturación [km/h]
70	35.1
80	45.1
90	55.1
100	65.1
110	75.1

Tabla 7.3.2: *Precios sociales del tiempo de viaje por tipo de vehículo (MIDESO, 2018).*

Tipo vehículo		(UF/hora)	Unidad
Automóvil	Auto	0.7133	Por vehículo
	Motoneta		
	Motoneta		
Camioneta	Camioneta	0.6544	Por vehículo
Camión	Camión de 2 ejes	0.3172	Por vehículo
	Camión de más de 2 ejes		
	Auto/camioneta con remolque		
	Auto/camioneta con semirremolque		
Bus rural	Bus de 2 ejes	6.0459	Por vehículo
	Bus de más de 2 ejes		
Bus interurbano	Bus de 2 ejes	5.1356	Por vehículo
	Bus de más de 2 ejes		

7.3.2.5. Costos sociales por aumento en la cantidad de accidentes (CA)

El riesgo a accidentes que los usuarios experimentan transitando en la vía principal posee un costo, por lo que, si algún activo vial de la concesión no se encuentra en funcionamiento, se puede generar un aumento en los costos por riesgo de accidentes de los usuarios, ya que la ruta alternativa generada, por lo general tendrá un menor estándar que la original, por ello el riesgo de accidentes posiblemente se vea aumentado.

Al igual que el costo por aumento en tiempos de viaje, la estimación de costos por accidentes se hace solo para elementos críticos. Para estimar este costo se consideran las mismas situaciones definidas anteriormente, rutas originales y rutas alternativas.

Las rutas originales y alternativas deben determinarse para cada elemento crítico, de este modo, para calcular el costo adicional generado por el “re-ruteo”, se calcula la diferencia entre los costos por accidentes en la ruta original y los generados en la ruta alternativa, lo cual esta dado por la ecuación 7.3.4.

$$CA_j = TR_j \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (T_{ij}^{RA} \cdot d_j^{RA} - T_{ij}^{RO} \cdot d_j^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.4)$$

TR_j : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha del activo j, en *horas*.

$TMDA$: Tránsito medio diario anual, en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía. Este valor puede determinarse para el año que se estime conveniente, no obstante, se recomienda usar el décimo año desde la puesta en marcha.

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i, en $\frac{UF}{\text{accidente}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{ij}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente, en la ruta original, asociado al tipo de accidente i $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{ij}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente, en la ruta alternativa debido al re-ruteo generado por la falla del activo j, asociado al tipo de accidente i $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_j^{RO} : Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d_j^{RA} : Distancia de la ruta alternativa generada por el re-ruteo debido a la falla del activo j, en *kilómetros*.

Tabla 7.3.3: Valor social de la accidentabilidad en Chile, por tipo de accidente, macrozona y tipo de camino (Estimación del Valor de la Vida Estadística por Disposición a Reducir Riesgo, 2013).

Tipo de camino	Zona norte (I a IV y XV Región)	Zona centro (V Región y RM)	Zona sur (VI a XII y XVI Región)
	UF/10 millones veh-km		
Dos pistas no pavimentadas	55,521	96,549	56,396
Dos pistas pavimentadas	24,760	22,935	46,067
Cuatro pistas pavimentadas	25,084	23,413	35,212
Autopista	14,433	18,009	29,241

Tabla 7.3.4: Tasa de accidentes por tipo de camino y tipo de accidente en Chile (SECTRA – MIDEPLAN, 2007).

Macro Región	Tipo de camino	Tasa de accidentes (accidente/10 millones veh- km)			
		Atropello	Choque	Colisión	Volcadura
Norte	1 ó 2 pistas no pavimentadas	0.36	0.45	1.31	4.76
	2 pistas pavimentadas	0.22	0.19	0.57	1.11
	4 pistas pavimentadas	0.61	0.61	0.00	0.61
	Autopistas	0.11	0.41	0.50	0.55
Centro	1 ó 2 pistas no pavimentadas	1.30	2.14	3.06	2.75
	2 pistas pavimentadas	0.41	0.46	1.07	0.72
	4 pistas pavimentadas	0.58	0.14	1.58	0.18
	Autopistas	0.22	0.40	0.83	0.44
Sur	1 ó 2 pistas no pavimentadas	1.24	0.80	2.12	2.33
	2 pistas pavimentadas	0.75	0.36	1.46	0.76
	4 pistas pavimentadas	0.92	0.53	1.68	0.30
	Autopistas	0.43	0.32	0.79	0.53

7.3.2.6. Costos por aumento en la operación vehicular (CO)

La operación vehicular que los usuarios experimentan transitando en la vía principal posee un costo por lo que, si algún activo vial de la concesión no se encuentra en funcionamiento, se puede generar un aumento en los costos por operación vehicular de los usuarios, debido a que la ruta alternativa por lo general es de menor estándar y con morfología menos homogénea, por lo que tienden a aumentar los costos de operación vehicular.

Los costos por aumento de operación vehicular se obtienen solo para los elementos críticos.

Para obtener el costo adicional generado por el “reruteo”, se calcula la diferencia que existe entre los costos operacionales vehiculares generados en la ruta original y los generados en la ruta alternativa. Para calcular esta diferencia se propone utilizar el método simplificado descrito en la sección 7.3.2.7, cuyos cálculos pueden refinarse con el uso de algún software más afín como el HDM4.

7.3.2.7. Método simplificado para obtener costos por aumentos en la operación vehicular

El método simplificado se basa en el estudio mexicano “Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010, José Antonio Arroyo Osorno Et. Al”. El cual, permite determinar los costos por aumentos en la operación vehicular mediante la ecuación 7.3.5.

$$CO_j = TR_j \sum_{i=1}^n TMDA_i (Fb_{ij}^{RA} \cdot CB_{ij}^{RA} \cdot d_j^{RA} - Fb_{ij}^{RO} \cdot CB_{ij}^{RO} \cdot d_j^{RO}) \frac{1}{24} \quad (7.3.5)$$

TR_j : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha del activo j, en *horas*.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual asociado al tipo de vehículo i, en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía. Este valor puede determinarse para el año que se estime conveniente, no obstante, se recomienda usar el décimo año desde la puesta en marcha.

Fb_{ij}^{RO} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i, en la ruta original. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

Fb_{ij}^{RA} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i, asociado al re-ruteo debido a la falla del del activo j. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

CB_{ij}^{RO} : Costo de operación base del vehículo tipo i, en una ruta original, en *UF*. Ver Tabla 7.3.7 para estos valores, cualquier otro vehículo que no se encuentre en esta tabla, se debe incorporar a esta a partir del criterio de expertos.

CB_{ij}^{RA} : Costo de operación base del vehículo tipo i, asociado al re-ruteo debido a la falla del activo j, en *UF*. Ver Tabla 7.3.7 para estos valores, cualquier otro vehículo que no se encuentre en esta tabla, se debe incorporar a esta a partir de criterios de expertos.

d_j^{RO} : Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d_j^{RA} : Distancia de la ruta alternativa debido al re-ruteo por falla del activo j , en *kilómetros*.

Los factores de costos de operación base que se muestran en la Tabla 7.3.5 se determinan por tipo de vehículo, IRI y tipo de terreno, ya que resultan de la división de costos de operación vehicular en distintas situaciones sobre costos de operación vehicular en una situación base.

Tabla 7.3.5: Factores de costo de operación base según tipo de terreno, vehículo e IRI. (Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010, José Arroyo et al.)

Tipo vehículo	IRI	Factores del Costo de Operación Base (Fb) [-]			
		Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
Vehículo ligero	2	1	1.04	1.15	1.3
	4	1.06	1.1	1.21	1.36
	6	1.13	1.18	1.29	1.44
	8	1.24	1.29	1.4	1.55
	9	1.32	1.37	1.48	1.625
	10	1.4	1.45	1.56	1.7
Autobús foráneo	12	1.57	1.62	1.72	1.86
	2	1	1.1	1.36	1.66
	4	1.05	1.15	1.41	1.72
	6	1.1	1.21	1.47	1.79
	8	1.16	1.27	1.54	1.86
	10	1.23	1.34	1.62	1.94
Camión 2 ejes	12	1.33	1.44	1.71	2.04
	2	1	1.11	1.39	1.72
	4	1.13	1.25	1.53	1.87
	6	1.26	1.38	1.68	2.02
	8	1.39	1.52	1.82	2.17
	10	1.54	1.67	1.97	2.33
Camión 3 ejes	12	1.71	1.83	2.13	2.49
	2	1	1.13	1.47	1.87
	4	1.1	1.23	1.58	1.99
	6	1.18	1.33	1.69	2.1
	8	1.27	1.43	1.79	2.21
	10	1.38	1.53	1.9	2.33
Camión articulado (T3-S2-R4)	12	1.49	1.64	2.02	2.44
	2	1	1.16	1.55	1.98
	4	1.09	1.26	1.65	2.08
	6	1.18	1.35	1.75	2.19
	8	1.28	1.45	1.85	2.29
	10	1.4	1.56	1.96	2.4
Camión articulado (T3-S2)	12	1.52	1.68	2.07	2.52
	2	1	1.1	1.38	1.71
	4	1.09	1.21	1.49	1.82
	6	1.19	1.31	1.6	1.93
	8	1.32	1.43	1.71	2.04
	10	1.46	1.56	1.84	2.17
Camión articulado (T3-S3)	12	1.6	1.71	1.98	2.3
	2	1	1.13	1.46	1.83
	4	1.09	1.23	1.56	1.94
	6	1.19	1.32	1.66	2.05
	8	1.3	1.43	1.77	2.16
	10	1.43	1.56	1.89	2.27
	12	1.56	1.69	2.01	2.39

A continuación, se describen los tipos de terreno a considerar, así como la situación base (Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010, José Arroyo et al.):

- Caso base: Camino recto y plano, con pavimento nuevo: 0 % en pendientes y 0°/km en curvatura horizontal.
- Terreno plano: Ligeras pendientes y curvas suaves: 1 % en pendientes y 100°/km en curvatura horizontal.
- Terreno lomerío: 3 % en pendientes y 300°/km en curvatura horizontal.
- Terreno montañoso: 5 % en pendientes y 700°/km en curvatura horizontal.

La curvatura horizontal para cada tipo terreno, corresponde a una curvatura media en un tramo representativo, la cual se puede calcular como la suma de los ángulos de deflexión en valor absoluto (o ángulos centrales de las curvas) dividida entre la longitud del tramo, y se expresa en grados por kilómetro (Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010, José Arroyo et al.). Las pendientes definidas para cada tipo de terreno, es la pendiente longitudinal media en un tramo representativo.

El IRI a utilizar para ingresar a la tabla 7.3.5, puede obtenerse mediante mediciones de las rutas alternativas, o bien, utilizar valores representativos para la zona en donde se ubica el proyecto, para ello se realiza un análisis de las vías pavimentadas de la red nacional de vialidad, administrada por el Ministerio de Obras Públicas, con el cual se obtienen valores de IRI representativos por tipo de pavimento y regiones del país, estos resultados se presentan en de la Tabla 7.3.6. Dado que se considera como caso base un $IRI = 2$ m/km, cualquier valor menor significará que no existe aumento en los costos de operación vehicular debido a un re-ruteo.

Tabla 7.3.6: *IRI promedio para caminos de vialidad por región y tipo de pavimentación. Fuente: Elaboración propia.*

Región	Asfalto	Hormigón	Tratamiento superficial
	IRI medio [m/km]		
I	2.86	3.57	2.94
II	2.16	2.94	2.66
III	2.29	4.13	2.87
IV	2.43	4.30	3.00
V	2.79	4.81	2.90
VI	2.73	3.36	2.96
VII	2.56	3.57	2.92
VIII	2.33	3.00	2.94
IX	2.41	4.43	2.93
X	2.13	3.37	2.56
XI	2.21	3.04	3.02
XII	2.00	1.95	-
XIII (RM)	2.87	3.68	2.74
XIV	1.94	3.35	2.16
XV	2.40	3.28	2.86
XVI	2.69	4.35	2.91

Los costos de operación base dados en la Tabla 7.3.7 se determinan a partir de un análisis de costos que incluye tanto las características del vehículo (peso; carga útil; potencia; velocidad; área frontal proyectada; número de kilómetros conducidos por año; vida útil promedio de servicio; costos unitarios, etc), así como de los neumáticos (número de llantas por vehículo; costo de la llanta nueva; costo del renovado de llanta, etc). Estos costos pueden ir variando a lo largo de los años, dado que los la flota vehicular se va modernizando.

Tabla 7.3.7: *Costo de operación base del vehículo tipo i, en UF. (Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010, José Arroyo et al.)*

Tipo vehículo	CB
Vehículo ligero	0.0051
Autobús foráneo	0.0144
Camión de 2 ejes	0.0083
Camión de 3 ejes	0.0147
Camión articulado (T3-S2-R4)	0.0255
Camión articulado (T3-S2)	0.0200
Camión articulado (T3-S3)	0.0218

En la siguiente sección se presentan las consideraciones a tener en el cálculo del costo de reposición para cada activo vial, ya que cada uno presenta particularidades.

7.3.3. Consideraciones para cada activo vial

7.3.3.1. Plataforma

Para el activo plataforma es necesario separar por tipo de carpeta de rodado que presente el paquete estructural, es decir se realiza un cálculo diferenciado para las secciones de plataforma que cuenten con carpeta de rodado de asfalto y de hormigón, esto debido a que existe una diferencia considerable en los costos de construcción de ambos tipos de pavimentos. Además, es necesario dividir la plataforma en dos categorías dependiendo el tipo de flujo que transita por ella, la primera es aquella donde la plataforma es transitada por el flujo vehicular principal y la segunda es aquella por donde transitan flujos secundarios, es decir, las salidas e ingresos a la carretera y elementos de conexión a la red.

Para este activo se debe considerar la falla de una pista de la calzada en toda la extensión de la vía principal, de manera no simultánea, de esta manera se pueden presentar los siguientes casos a considerar:

- Calzada única bidireccional: En este caso se asume que para mantener la conectividad de la vía, se realiza la gestión de tráfico necesaria para generar un flujo alternado entre ambas direcciones.
- Doble calzada: En este caso se asume que en la calzada en donde falla la pista se reduce la capacidad, ya que disminuye el número de pistas disponibles.

Las consideraciones necesarias para calcular el costo de reposición según la clasificación antes mencionada es la siguiente:

Plataforma flujo principal

Para obtener el costo de reposición del activo plataforma se utiliza la siguiente expresión:

$$CR_1 = CH_1 + CTD_1 + CTV_1 + CA_1 + CO_1 \quad (7.3.6)$$

CR_1 : Costo de reposición de la plataforma (separado en plataforma con carpeta de asfalto y hormigón), en UF .

CH_1 : Costo histórico de construcción actualizado por inflación de la plataforma, en UF .

CTD_1 : Costo por transporte de desechos de la plataforma, en UF .

CTV_1 : Costo por aumento de tiempos de viaje debido a falla de la plataforma, en UF .

CA_1 : Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a falla de la plataforma, en UF .

CO_1 : Costos por aumento de operación vehicular debido a falla de la plataforma, en UF .

Plataforma flujo secundario

Todo tramo de plataforma que forme parte de elementos de conexiones a la red o desvío hacia otras rutas que no sea la del flujo principal no es considerado un activo vial crítico, por ello el costo de reposición de estos elementos se calcula con la siguiente expresión:

$$CR_1 = CH_1 + CTD_1 \quad (7.3.7)$$

Cabe destacar que, al haber tramos de flujo de vía principal y de flujos secundarios (elementos de conexiones a la red), los costos de reposición total de la plataforma, es la suma de la totalidad sus elementos.

Costos por aumento en tiempos de viaje debido a falta de plataforma (CTV)

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje del activo plataforma se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4 y las consideraciones planteadas anteriormente. Por ello, para calcular los aumentos en los tiempos de viaje, se asume lo siguiente para cada uno de los casos:

- Calzada única bidireccional: En este caso se asume que el flujo en ambas direcciones es alternado y el tiempo de viaje medio aumenta al doble, suponiendo que la velocidad de circulación media disminuye a la mitad.
- Doble calzada: En este caso se asume que el flujo de una de las calzadas sufre un aumento en los tiempos de viaje medio, debido a que la velocidad de circulación media se disminuye por efectos de reducción de la capacidad, este efecto está explicado en el manual de capacidad (Manual, H. C., 2016).

Teniendo lo anterior en cuenta, los costos por aumento en tiempos de viaje de la plataforma, se estima con la Ecuación 7.3.8:

$$CTV_1 = TR_1(TV_1^{RO} - TV_1^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.8)$$

CTV_1 : Costo por aumento en tiempos de viaje debido a la falla de la plataforma (con carpeta de rodado de asfalto u hormigón), en *UF*.

TR_1 : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha de la plataforma, en *horas*.

TV_1^{RO} : Tiempo de viaje para ruta original con el activo plataforma completamente funcional, en *horas*.

TV_1^{RA} : Tiempo de viaje para ruta alternativa originada por la falta del activo plataforma, en *horas*. Este se estima según la Tabla 7.3.1 y la distancia de la ruta alternativa.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{vehículos}{día}$, representativo de toda la vía analizada.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{vehículo-h}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Las velocidades consideradas para obtener los tiempos de viaje en condiciones de capacidad disminuida, pueden ser obtenidas mediante un análisis más detallado de velocidad vs flujo para el sector particular en estudio. La propuesta utilizada se basa en las curvas de velocidad vs flujo calibradas para Chile (HDM4, 2010)

Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a falta de plataforma (CA)

La obtención de los costos por aumento en cantidad de accidente debido a la falla del activo plataforma se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5 y a las consideraciones planteadas anteriormente. El costo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$CA_1 = TR_1 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i1}^{RA} \cdot d_1^{RA} - TA_{i1}^{RO} \cdot d_1^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.9)$$

CA_1 : Costo por aumento en cantidad de accidentes debido a la falta de la plataforma (con carpeta de rodado de asfalto u hormigón), en UF .

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i , en $\frac{UF}{accidente}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i1}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente, en la ruta original con el activo plataforma completamente funcional, asociado al tipo de accidente i $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{i1}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente, en la ruta alternativa originada por la falta de del activo plataforma, asociado al tipo de accidente i $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_1^{RO} : Distancia de la ruta original con el activo plataforma completamente funcional, en *kilómetros*.

d_1^{RA} : Distancia de la ruta alternativa originada por la falta del activo plataforma, en *kilómetros*.

En este caso la distancia de la ruta original y de la ruta alternativa se asumen iguales.

Costos por aumento en operación vehicular en plataforma

No es necesario estimar los costos por aumento de operación vehicular debido a la falta del activo plataforma, dado que, teniendo en cuenta que la ruta alternativa tanto en las vías bidireccionales como en las de doble calzada es una vía de similar estándar, relieve y longitud a la de la ruta original, no se producen aumentos considerables en los costos operacionales de los vehículos.

7.3.3.2. Vías de servicio

Las vías de servicio se evalúan por separado de la plataforma de la vía principal debido a su diferencia de estándar que poseen, además, por ellas solo transitan flujos secundarios, no se considera como un activo vial crítico, por lo cual su costo de reposición se calcula con la siguiente expresión:

$$CR_2 = CH_2 + CTD_2 \quad (7.3.10)$$

CR_2 : Costo de reposición de las vías de servicio, en UF .

CH_2 : Costo histórico de construcción actualizado por inflación de las vías de servicio, en UF .

CTD_2 : Costo por transporte de desechos de las vías de servicio, en UF .

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

7.3.3.3. Saneamiento y drenaje

El activo sistema de saneamiento y drenaje es necesario dividirlo en dos categorías, dependiendo el tipo de flujo que transita por calzada a la cual está relacionado, la primera es aquella donde los elementos de saneamiento y drenaje acompañan a la calzada transitada por el flujo vehicular principal y la segunda es aquella que acompaña a la transitada por flujos secundarios, es decir, las salidas e ingresos a la carretera y elementos de conexión a la red.

Para este activo se debe considerar la falla del sistema de saneamiento y drenaje en toda la extensión de la vía principal, de manera no simultánea, teniendo como efecto que la pista más cercana no se encuentre disponible por interrupción de la pista para reponer el activo, por lo cual se pueden presentar los siguientes casos a considerar:

- Calzada única bidireccional: En este caso se asume que para mantener la conectividad de la vía, se realiza la gestión de tráfico necesaria para generar un flujo alternado entre ambas direcciones.
- Doble calzada: En este caso se asume que en la calzada con la pista no disponible por trabajos se reduce la capacidad, ya que disminuye el número de pistas disponibles para circulación.

Las consideraciones necesarias para calcular el costo de reposición según la clasificación antes mencionada es la siguiente:

Saneamiento y drenaje flujo principal

Las consideraciones necesarias para calcular el costo de reposición según la clasificación antes mencionada es la siguiente:

$$CR_3 = CH_3 + CTD_3 + CTV_3 + CA_3 + CO_3 \quad (7.3.11)$$

CR_3 : Costo de reposición del activo saneamiento y drenaje, en UF .

CH_3 : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo saneamiento y drenaje, en UF .

CTD_3 : Costo por transporte de desechos del activo vial saneamiento y drenaje, en UF .

CTV_3 : Costo por aumento de tiempos de viaje del activo saneamiento y drenaje, en UF .

CA_3 : Costos por aumento en cantidad de accidentes del activo saneamiento y drenaje, en UF .

CO_3 : Costos por aumento de operación vehicular del activo saneamiento y drenaje, en UF .

Saneamiento y drenaje flujo secundario

En este caso los costos de reposición se determinan mediante la Ecuación 7.3.12.

$$CR_3 = CH_3 + CTD_3 \quad (7.3.12)$$

Cabe destacar que, al haber elementos de saneamiento y drenaje para la vía de flujo principal y para vías de flujo secundario, los costos de reposición total del activo saneamiento y drenaje, corresponde a la suma de los costos de cada una de las categorías mencionadas.

Costos por aumento en tiempos de viaje en saneamiento y drenaje (CTV)

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje del activo saneamiento y drenaje se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4 y en las consideraciones mencionadas. Por ello, para calcular los aumentos en los tiempos de viaje, se asume lo siguiente para cada uno de los casos:

- Calzada única bidireccional: En este caso se asume que el flujo en ambas direcciones es alternado y el tiempo de viaje medio aumenta al doble, suponiendo que la velocidad de circulación media disminuye a la mitad.
- Doble calzada: En este caso se asume que el flujo de una de las calzadas sufre un aumento en los tiempos de viaje medio, debido a que la velocidad de circulación media disminuye por efectos de la reducción de capacidad, este efecto está explicado en el manual de capacidad (Manual, H. C., 2016).

Teniendo lo anterior en cuenta, los costos por aumento en tiempos de viaje para este activo, se estima con la Ecuación 7.3.8:

$$CTV_3 = TR_3(TV_3^{RO} - TV_3^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.13)$$

CTV_3 : Costo por aumento en tiempos de viaje del saneamiento y drenaje, en UF .

TR_3 : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha del activo saneamiento y drenaje, en *horas*.

TV_3^{RA} : Tiempo de viaje para ruta alternativa debido a la falla del activo, en *horas*. Este se estima según la Tabla 7.3.1 y la distancia de la ruta alternativa.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{\text{vehículo-h}}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Costos por aumento en cantidad de accidentes en saneamiento y drenaje

La obtención de los costos por aumento en cantidad de accidente debido a la falla del activo plataforma se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5 y a las consideraciones planteadas anteriormente. El costo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$CA_3 = TR_3 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i3}^{RA} \cdot d_3^{RA} - TA_{i3}^{RO} \cdot d_3^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.14)$$

CA_3 : Costo por aumento en cantidad de accidentes debido a la falla del activo saneamiento y drenaje, en UF .

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i , en $\frac{UF}{accidente}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i3}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta original con el activo saneamiento y drenaje completamente funcional, asociado al tipo de accidente i $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se presentan en la Tabla 7.3.4.

TA_{i3}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta alternativa debido a la falla del activo saneamiento y drenaje, asociado al tipo de accidente i $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_3^{RO} : Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d_3^{RA} : Distancia de la ruta alternativa, en *kilómetros*.

Costos por aumento en operación vehicular en saneamiento y drenaje

No es necesario estimar los costos por aumento de operación vehicular debido a la falla del activo, dado que, teniendo en cuenta que la ruta alternativa tanto en las vías bidireccionales como en las de doble calzada es una vía de similar estándar, relieve y longitud a la de la ruta original, no se producen aumentos considerables en los costos operacionales de los vehículos.

7.3.3.4. Túneles

Para este activo se considera que fallan todos los túneles de manera no simultánea, por lo cual para obtener el costo de reposición de este activo es necesario distinguir dos posibles casos:

- Caso 1: Se tiene solo un túnel para la circulación de vehículos (Bidireccional) en la sección analizada. La ruta alternativa al fallar el túnel corresponde a una vía externa al área de concesión.
- Caso 2: Mínimo se tienen dos túneles para la circulación de vehículos en la sección analizada. La ruta alternativa al fallar un túnel corresponde al túnel aledaño.

Considerando lo anterior, el costo de reposición asociado al activo “túneles” se obtiene mediante la Ecuación 7.3.15.

$$CR_4 = CH_4 + CTD_4 + CTV_4 + CA_4 + CO_4 \quad (7.3.15)$$

CR_4 : Costo de reposición del activo túnel, en UF .

CH_4 : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo túnel, en UF .

CTD_4 : Costo por transporte de desechos del activo túnel, en UF .

CTV_4 : Costo por aumento de tiempos de viaje debido a re-ruteo, en UF .

CA_4 : Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a re-ruteo, en UF .

CO_4 : Costos por aumento de operación vehicular debido a re-ruteo, en UF .

En el caso de que exista un túnel dentro del área de concesión por el cual no circule el flujo vehicular principal, el costo de reposición se determina mediante la Ecuación 7.3.16.

$$CR_4 = CH_4 + CTD_4 \quad (7.3.16)$$

El costo de reposición total se debe determinar por túnel, ya que los costos sociales asociados son muy disímiles entre los distintos túneles dentro de una concesión, por lo tanto se calculan por separado para poder reflejar la verdadera importancia de cada uno.

Costos por aumento en tiempos de viaje en túneles

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje del activo túnel se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4 y las consideraciones mencionadas anteriormente. Para calcular el costo por aumento en los tiempos de viaje se tienen en cuenta los siguientes casos, según la redundancia de túneles que exista para atravesar el accidente geográfico:

- Caso 1: Se tiene solo un túnel para la circulación de vehículos. Por lo tanto es necesario establecer la ruta alternativa para que no se pierda la conectividad y estimar el tiempo de viaje dependiendo de las condiciones de esta ruta.

- Caso 2: Mínimo se tienen dos túneles para la circulación de vehículos en la sección analizada. La ruta alternativa al fallar un túnel corresponde al túnel aledaño. En este caso, el recorrido no cambia considerablemente, pero si se ve reducido la capacidad por dirección debido a la disminución de cantidad de pistas por sentido.

Teniendo lo anterior en cuenta, los costos por aumento en tiempos de viaje del activo túneles, se estima con la Ecuación 7.3.17.

$$CTV_4 = TR_4(TV_4^{RO} - TV_4^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.17)$$

CTV_4 : Costo por aumento en tiempos de viaje correspondiente al túnel, en UF .

TR_4 : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha correspondiente al activo túnel, en *horas*.

TV_4^{RO} : Tiempo de viaje para ruta original, en *horas*.

TV_4^{RA} : Tiempo de viaje para ruta alternativa debido al re-ruteo, en *horas*. Se estima en base a la distancia del re-ruteo y la velocidad obtenida según la Tabla 7.3.1.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{\text{vehículo-h}}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Costos por aumento en cantidad de accidentes en túneles

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, los costos por aumento en accidentes del activo túnel, se estima con la Ecuación 7.3.18.

$$CA_4 = TR_4 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i4}^{RA} \cdot d_4^{RA} - TA_{i4}^{RO} \cdot d_4^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.18)$$

CA_4 : Costo por aumento en cantidad de accidentes debido al re-ruteo, en UF .

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i , en $\frac{UF}{\text{accidente}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i4}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta original, asociado al tipo de accidente i $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{i4}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta alternativa debido al re-ruteo, asociado al tipo de accidente i $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_4^{RO} : Distancia de la ruta original del tramo, en *kilómetros*.

d_4^{RA} : Distancia de la ruta alternativa asociado al re-ruteo, en *kilómetros*.

Costos por aumento en operación vehicular en túneles

Los costos por aumento en operación vehicular del activo puentes, se estima con la Ecuación 7.3.19.

$$CO_4 = TR_4 \sum_{i=1}^n TMDA_i (Fb_{i4}^{RA} \cdot CB_{i4}^{RA} \cdot d_4^{RA} - Fb_{i4}^{RO} \cdot CB_{i4}^{RO} \cdot d_4^{RO}) \frac{1}{24} \quad (7.3.19)$$

CO_4 : Costo por aumento en la operación vehicular debido al re-ruteo, en UF .

Fb_{i4}^{RO} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta original. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

Fb_{i4}^{RA} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

CB_{i4}^{RO} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta original, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

CB_{i4}^{RA} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

En el caso 1, el aumento en el costo operacional se puede despreciar debido a que por lo general la ruta de re-ruteo y la ruta original son de similares características, como pendiente, longitud, cantidad de curvas, etc.

7.3.3.5. Puentes, viaductos y pasos superiores longitudinales

Para estos tipos de activos se considera que cada uno falla en su totalidad, de manera no simultánea, por ello es necesario distinguir dos posibles casos:

- Caso 1: Se tiene solo un puente, viaducto o paso superior longitudinal para la circulación de vehículos a través de un accidente geográfico específico. Dado que la falla del elemento vial obstaculiza completamente la circulación de vehículos, es necesario establecer una ruta alternativa externa al área de concesión que siga garantizando la conectividad.
- Caso 2: Al menos existen dos puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales para la circulación de vehículos a través de un accidente geográfico específico. Dado que la falla de un elemento vial solo obstaculiza la circulación de vehículos en un sentido, la ruta alternativa corresponde al elemento vial que no ha fallado, produciendo una reducción en la capacidad por dirección del elemento.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, los costos de reposición asociado a los puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales se obtienen utilizando la expresión 7.3.20.

$$CR_5 = CH_5 + CTD_5 + CTV_5 + CA_5 + CO_5 \quad (7.3.20)$$

CR_5 : Costo de reposición de puentes, viaductos o paso superior longitudinal, en UF .

CH_5 : Costo histórico de construcción actualizado por inflación de puentes, viaductos o paso superior longitudinal, en UF .

CTD_5 : Costo por transporte de desechos de puentes, viaductos o paso superior longitudinal, en UF .

CTV_5 : Costo por aumento de tiempos de viaje debido a la falla de puentes, viaductos o paso superior longitudinal, en UF .

CA_5 : Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a la falta de puentes, viaductos o paso superior longitudinal, en UF .

CO_5 : Costos por aumento de operación vehicular debido a la falta de puentes, viaductos o paso superior longitudinal, en UF .

Todo puente, viaducto o paso superior longitudinal que no intervenga con la vía principal, por ejemplo, algún puente, viaducto o paso superior longitudinal en vías de servicio, no es considerado un activo vial crítico, por lo cual los costos de reposición se determinan mediante la Ecuación 7.3.21.

$$CR_5 = CH_5 + CTD_5 \quad (7.3.21)$$

El costo de reposición total se debe determinar por puente, viaducto y paso superior longitudinal; ya que los costos sociales asociados dentro de una concesión son muy disimiles entre

los distintos activos mencionados, por lo tanto se calculan por separado para poder reflejar la verdadera importancia de cada uno.

Costos por aumento en tiempos de viaje en puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje del activo puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4 y las consideraciones mencionadas anteriormente. Se tienen que considerar los dos casos mencionados:

- Caso 1: Una vez establecida una ruta alternativa es necesario estimar la velocidad de circulación y la longitud de la ruta para estimar los tiempos medios de viaje.
- Caso 2: La distancia recorrida no cambia considerablemente entre tramo original y alternativo, pero si se ve reducido la capacidad por dirección debido a la disminución de cantidad de pistas por sentido, para ello se propone utilizar el manual de capacidad para estimar velocidades de circulación.

Teniendo lo anterior en cuenta, los costos por aumento en tiempos de viaje del activo puentes, se estima con la Ecuación 7.3.22.

$$CTV_5 = TR_5(TV_5^{RO} - TV_5^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.22)$$

CTV_5 : Costo por aumento en tiempos de viaje por re-ruteo, en UF .

TR_5 : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha correspondiente a los activos puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales, en *horas*.

TV_5^{RO} : Tiempo de viaje para ruta original correspondiente, en *horas*.

TV_5^{RA} : Tiempo de viaje para ruta alternativa debido a re-ruteo, en *horas*. Se estima en base a la distancia del re-ruteo y la velocidad obtenida según la Tabla 7.3.1.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{\text{vehículo-h}}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Costos por aumento en cantidad de accidentes en puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje del activo puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5.

Teniendo lo anterior en cuenta y lo dos casos descritos anteriormente, los costos por aumento en accidentes debido al re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.23.

$$CA_5 = TR_5 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i5}^{RA} \cdot d_5^{RA} - TA_{i5}^{RO} \cdot d_5^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.23)$$

CA₅: Costo por aumento en cantidad de accidentes debido al re-ruteo, en *UF*.

VSA_i: Valor social asociado al tipo de accidente *i*, en $\frac{UF}{accidente}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i5}^{RO}: Tasa o probabilidad de accidente en la ruta original, asociado al tipo de accidente *i* $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{i5}^{RA}: Tasa o probabilidad de accidente en la ruta alternativa debido al re-ruteo, asociado al tipo de accidente *i* $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d₅^{RO}: Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d₅^{RA}: Distancia de la ruta alternativa debido al re-ruteo, en *kilómetros*.

Costos por aumento en operación vehicular en puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje del activo puentes, viaductos o pasos superiores longitudinales se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.6.

Teniendo lo anterior en cuenta y lo dos casos descritos anteriormente, los costos por aumento en operación vehicular debido al re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.24.

$$CO_5 = TR_5 \sum_{i=1}^n TMDA_i (Fb_{i5}^{RA} \cdot CB_{i5}^{RA} \cdot d_5^{RA} - Fb_{i5}^{RO} \cdot CB_{i5}^{RO} \cdot d_5^{RO}) \frac{1}{24} \quad (7.3.24)$$

CO₅: Costo por aumento en la operación vehicular debido al re-ruteo, en *UF*.

Fb_{i5}^{RO}: Factor del costo de operación base para vehículo tipo *i* en la ruta original. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

Fb_{i5}^{RA}: Factor del costo de operación base para vehículo tipo *i* en la ruta alternativa debido al re-ruteo. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

CB_{i5}^{RO}: Costo de operación base del vehículo tipo *i* en la ruta original, en *UF*. Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

CB_{i5}^{RA}: Costo de operación base del vehículo tipo *i* en la ruta alternativa debido al re-ruteo, en *UF*. Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

7.3.3.6. Pasos superiores transversales

Se considera que al fallar este activo, quedan no disponible en su totalidad las vías de circulación vehicular que se encuentran debajo. Por lo cual, es necesario determinar una ruta alternativa dentro o fuera del área de concesión para asegurar la conectividad.

Para determinar los costos asociado al activo pasos superiores transversales se utiliza la siguiente Ecuación 7.3.25 y las consideraciones mencionadas.

$$CR_6 = CH_6 + CTD_6 + CTV_6 + CA_6 + CO_6 \quad (7.3.25)$$

CR₆: Costo de reposición del activo pasos superiores transversales, en *UF*.

CH₆: Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo pasos superiores transversales, en *UF*.

CTD₆: Costo por transporte de desechos del activo pasos superiores transversales, en *UF*.

CTV₆: Costo por aumento de tiempos de viaje debido a re-ruteo, en *UF*.

CA₆: Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a re-ruteo, en *UF*.

CO₆: Costos por aumento de operación vehicular debido a re-ruteo, en *UF*.

Todo paso superior que no intervenga con la vía principal, no es considerado un activo vial crítico, por lo cual en este caso el costo de reposición se obtiene mediante la Ecuación 7.3.26.

$$CR_6 = CH_6 + CTD_6 \quad (7.3.26)$$

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

Costos por aumento en tiempos de viaje en pasos superiores transversales

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4. El costo por aumento en tiempos de viaje del activo pasos superiores, se estima con la Ecuación 7.3.27.

$$CTV_6 = TR_6(TV_6^{RO} - TV_6^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.27)$$

CTV₆: Costo por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo, en *UF*.

TR₆: Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha del activo pasos superiores transversales, en *horas*.

TV₆^{RO}: Tiempo de viaje para ruta original, en *horas*.

TV₆^{RA}: Tiempo de viaje para ruta alternativa debido al re-ruteo, en *horas*. Se estima en base a la distancia del re-ruteo y la velocidad obtenida según la Tabla 7.3.1.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{vehículos}{día}$, representativo de toda la vía.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{vehículo-h}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Costos por aumento en cantidad de accidentes en pasos superiores transversales

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje debido al re-rutep se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5. El costo por aumento en accidentes debido al re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.28.

$$CA_6 = TR_6 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i6}^{RA} \cdot d_6^{RA} - TA_{i6}^{RO} \cdot d_6^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.28)$$

CA_6 : Costo por aumento en cantidad de accidentes debido al re-ruteo, en UF .

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i , en $\frac{UF}{accidente}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i6}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta original, asociado al tipo de accidente i en $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{i6}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta alternativa debido al re-ruteo, asociado al tipo de accidente i en $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_6^{RO} : Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d_6^{RA} : Distancia de la ruta alternativa debido al re-ruteo, en *kilómetros*.

Costos por aumento en operación vehicular en pasos superiores transversales

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.6. El costo por aumento en operación vehicular debido al re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.29.

$$CO_6 = TR_6 \sum_{i=1}^n TMDA_i (Fb_{i6}^{RA} \cdot CB_{i6}^{RA} \cdot d_6^{RA} - Fb_{i6}^{RO} \cdot CB_{i6}^{RO} \cdot d_6^{RO}) \frac{1}{24} \quad (7.3.29)$$

CO_6 : Costo por aumento en la operación vehicular debido al re-ruteo, en UF .

Fb_{i6}^{RO} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta original. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

Fb_{i6}^{RA} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

CB_{i6}^{RO} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta original, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

CB_{i6}^{RA} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

7.3.3.7. Pasarelas peatonales

Se considera que al fallar este activo, quedan no disponible en su totalidad las vías de circulación vehicular que se encuentran debajo. Por lo cual, es necesario determinar una ruta alternativa dentro o fuera del área de concesión para asegurar la conectividad.

Para determinar el costo de reposición asociado al activo pasarelas peatonales se utiliza la ecuación 7.3.30 y las consideraciones mencionadas. En las siguientes secciones se detalla la obtención de cada costo relacionado a la reposición del activo.

$$CR_7 = CH_7 + CTD_7 + CTV_7 + CA_7 + CO_7 \quad (7.3.30)$$

CR₇: Costo de reposición del activo pasarelas peatonales, en *UF*.

CH₇: Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo pasarelas peatonales, en *UF*.

CTD₇: Costo por transporte de desechos del activo pasarelas peatonales, en *UF*.

CTV₇: Costo por aumento de tiempos de viaje debido a re-ruteo, en *UF*.

CA₇: Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a re-ruteo, en *UF*.

CO₇: Costos por aumento de operación vehicular debido a re-ruteo, en *UF*.

Todo pasarela peatonal que no intervenga con la vía principal, no es considerado un activo vial crítico, por lo cual en este caso el costo de reposición se obtiene mediante la Ecuación 7.3.31.

$$CR_7 = CH_7 + CTD_7 \quad (7.3.31)$$

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

Costos por aumento en tiempos de viaje en pasarelas peatonales

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4. El costo por aumento en tiempos de viaje debido a re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.33.

$$CTV_7 = TR_7(TV_7^{RO} - TV_7^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.32)$$

CTV₇: Costo por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo, en *UF*.

TR₇: Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha correspondiente al activo pasarelas peatonales, en *horas*.

TV₇^{RO}: Tiempo de viaje para ruta original, en *horas*.

TV₇^{RA}: Tiempo de viaje para ruta alternativa debido al re-ruteo, en *horas*. Se estima en base a la distancia del re-ruteo y la velocidad obtenida según la Tabla 7.3.1.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{vehículos}{día}$, representativo de toda la vía.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{vehículo-h}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Costos por aumento en cantidad de accidentes en pasarelas peatonales

La obtención de los costos por aumento en cantidad de accidentes debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5. El costo por aumento en accidentes debido al re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.33.

$$CA_7 = TR_7 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i7}^{RA} \cdot d_7^{RA} - TA_{i7}^{RO} \cdot d_7^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.33)$$

CA_7 : Costo por aumento en cantidad de accidentes debido al re-ruteo, en UF .

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i , en $\frac{UF}{accidente}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i7}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta original, asociado al tipo de accidente i en $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{i7}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta alternativa debido al re-ruteo, asociado al tipo de accidente i en $\frac{accidente}{10^7 \cdot veh-km}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_7^{RO} : Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d_7^{RA} : Distancia de la ruta alternativa debido al re-ruteo, en *kilómetros*.

Costos por aumento en operación vehicular en pasarelas peatonales

La obtención de costos por aumento en operación vehicular debido al re-ruteo, se basa en la metodología descrita 7.3.2.6. El costos por aumento en operación vehicular debido al re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.33.

$$CO_7 = TR_7 \sum_{i=1}^n TMDA_i (Fb_{i7}^{RA} \cdot CB_{i7}^{RA} \cdot d_7^{RA} - Fb_{i7}^{RO} \cdot CB_{i7}^{RO} \cdot d_7^{RO}) \frac{1}{24} \quad (7.3.34)$$

CO_7 : Costo por aumento en la operación vehicular debido al re-ruteo, en UF .

Fb_{i7}^{RO} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta original. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

Fb_{i7}^{RA} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

CB_{i7}^{RO} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta original, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

CB_{i7}^{RA} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

7.3.3.8. Talud de corte y terraplén

El activo talud de corte y terraplén se divide en tres grupos debido la diferencia que poseen sus elementos tanto en comportamiento durante la explotación como en su conservación, los grupos son los siguientes:

- Talud de corte no protegido.
- Talud de terraplén no protegido.
- Talud de corte y terraplén protegidos.

A continuación, se presenta detalladamente como se determina el costo de reposición de estos elementos:

7.3.3.8.1. Taludes de corte no protegida

Particularmente, en este activo pueden darse varios casos que poseen su propia metodología para establecer los costos sociales, esto se debe a que la demarcación de la ruta alternativa depende de la altura de la talud y el ancho de la plataforma. Por ejemplo, si se trata de una talud de corte de gran altura, al fallar puede obstaculizar el tránsito por completo en los dos sentidos de tránsito, pero no se puede decir lo mismo de una talud que no sobrepasa los 5 metros de altura.

Base teórica para justificar metodología de costos críticos en taludes de corte no protegidas

Los casos descritos en la sección 7.3.3.8.1 se basan en la idea de que, mientras mayor ancho tenga la plataforma de subrasante, más distancia se tiene para recibir la talud de corte si este fallase. Si consideremos una sección transversal típica de una concesión, la plataforma de subrasante lo componen los elementos: berma, SAP, calzadas, medianas y cunetas. Considerando que el ancho típico de berma+SAP+cuneta al lado de una talud de corte en concesiones es de 4 *metros*, esta distancia se considera como suficiente para recibir una falla de una talud de corte de 5 *metros* o menos, por lo que esta no debería afectar a la calzada y, por ende, la circulación de vehículos no se interrumpe. Por otro lado, si consideramos que el ancho típico de berma+SAP+cuneta+calzada+mediana es de 13 *metros* al lado de una talud de corte y que las concesiones por lo general tienen dos calzadas, los 13 *metros* se consideran suficiente para recibir una falla de una talud de corte de 20 *metros* o menos, por lo que esto puede afectar la calzada adyacente a la talud en cuestión, pero no la otra calzada, siendo esta última la ruta alternativa en caso de fallas de taludes. Por último, si solo se tuviera una calzada (bidireccional) con taludes de corte sobre 5 *metros*, no se tiene espacio en la calzada para recibir la falla de la talud, por lo que la circulación de vehículos es interrumpida en su totalidad, requiriendo una ruta alternativa externa a la concesión.

En base a lo anterior se presentan los casos a considerar a momento de realizar el cálculo de costo de reposición:

- Caso 1: Doble calzada (flujo unidireccional)
 - Caso 1.1: Talud de corte con altura menor o igual a 5 metros; si la talud falla, es poco probable que se genere una obstaculización en la vía de circulación de vehículos, por lo que dicho tramo no clasifica con elemento crítico, es decir, los costos sociales son nulos.
 - Caso 1.2: Talud de corte con altura mayor a 5 metros y menor o igual a 20 metros; si la talud falla, se considera que se obstaculiza completamente la calzada adyacente a la talud analizada, por lo que la ruta alternativa sería la calzada restante. Esto genera una disminución de velocidad de los vehículos por capacidad, haciendo que los costos sociales no sean nulos.
 - Caso 1.3: Talud de corte con altura mayor a 20 metros; si la talud falla, se considera que se obstaculizan las dos calzadas, por lo que la ruta alternativa sería una ruta externa a la del flujo principal. El hecho de utilizar una ruta externa, que posiblemente tenga un estándar menor, hace que los costos sociales no sean nulos.
- Caso 2: Una calzada con flujo bidireccional
 - Caso 2.1: Talud de corte con altura menor o igual a 5 metros; si la talud falla, es poco probable que se genere una obstaculización en la vía de circulación de vehículos, por lo que dicho tramo no clasifica con elemento crítico, es decir, los costos sociales son nulos.
 - Caso 2.2: Talud de corte con altura mayor a 5 metros; si la talud falla, se considera que se obstaculiza la calzada completamente, por lo que la ruta alternativa sería una ruta externa a la del flujo principal. El hecho de utilizar una ruta externa, que posiblemente tenga un estándar menor, hace que los costos sociales no sean nulos.

Se determinan los costos asociado al activo talud de corte no protegido mediante la Ecuación 7.3.35 y las consideraciones mencionadas.

$$CR_8 = CH_8 + CTD_8 + CTV_8 + CA_8 + CO_8 \quad (7.3.35)$$

CR₈: Costo de reposición del activo talud de corte no protegido, en *UF*.

CH₈: Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo talud de corte no protegido, en *UF*.

CTD₈: Costo por transporte de desechos del activo talud de corte no protegido, en *UF*.

CTV₈: Costo por aumento de tiempos de viaje debido a re-ruteo, en *UF*.

CA₈: Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a re-ruteo, en *UF*.

CO₈: Costos por aumento de operación vehicular debido a re-ruteo en *UF*.

Para todo tramo de talud de corte que no esté directamente asociado con la vía de flujo principal, como por ejemplo, elementos de conexión a la red (desvío a rutas de flujo no principal) o taludes de corte en vías de servicio, se desprecia los posibles costos sociales a generarse. Por lo cual el costo de reposición en este caso se determina mediante la Ecuación 7.3.36.

$$CR_8 = CH_8 + CTD_8 \quad (7.3.36)$$

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

Costos por aumento en tiempos de viaje en taludes de corte no protegidas

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4 y a las consideraciones mencionadas. El costo por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo, se estima con la Ecuación 7.3.37.

$$CTV_8 = TR_8(TV_8^{RO} - TV_8^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.37)$$

CTV_8 : Costo por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo, en UF .

TR_8 : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha correspondiente al activo taludes de corte no protegida, en *horas*.

TV_8^{RO} : Tiempo de viaje para ruta original, en *horas*.

TV_8^{RA} : Tiempo de viaje para ruta alternativa debido al re-ruteo, en *horas*. Se estima en base a la distancia del re-ruteo y la velocidad obtenida según la Tabla 7.3.1.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{\text{vehículo-h}}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Costos por aumento en cantidad de accidentes en taludes de corte no protegidas

La obtención de los costos por aumento en la cantidad de accidentes debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5 y en las consideraciones mencionadas. El costo por aumento en accidentes, se estima con la Ecuación 7.3.38.

$$CA_8 = TR_8 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i8}^{RA} \cdot d_8^{RA} - TA_{i8}^{RO} \cdot d_8^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.38)$$

CA_8 : Costo por aumento en cantidad de accidentes debido al re-ruteo, en UF .

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i , en $\frac{UF}{\text{accidente}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i8}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta original, asociado al tipo de accidente i $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{i8}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta alternativa debido al re-ruteo, asociado al tipo de accidente i $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_8^{RO} : Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d_8^{RA} : Distancia de la ruta alternativa debido al re-ruteo, en *kilómetros*.

Costos por aumento en operación vehicular en taludes de corte no protegidas

La obtención de los costos por aumento en la operación vehicular se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5 y las consideraciones mencionadas. El costos por aumento en operación vehicular , se estima con la Ecuación 7.3.39.

$$CO_8 = TR_8 \sum_{i=1}^n TMDA_i (Fb_{i8}^{RA} \cdot CB_{i8}^{RA} \cdot d_8^{RA} - Fb_{i8}^{RO} \cdot CB_{i8}^{RO} \cdot d_8^{RO}) \frac{1}{24} \quad (7.3.39)$$

CO_8 : Costo por aumento en la operación vehicular debido al re-ruteo, en *UF*.

Fb_{i8}^{RO} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo *i* en la ruta original. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

Fb_{i8}^{RA} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo *i* en la ruta alternativa debido al re-ruteo. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

CB_{i8}^{RO} : Costo de operación base del vehículo tipo *i* en la ruta original, en *UF*. Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

CB_{i8}^{RA} : Costo de operación base del vehículo tipo *i* en la ruta alternativa debido al re-ruteo, en *UF*. Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

7.3.3.8.2. Taludes de terraplén no protegidas

Para este activo se considera que falla los taludes de terraplén de manera no simultánea, lo que genera que la pista más cercana al talud quede inhabilitada, por lo cual es necesario distinguir dos posibles situaciones:

- Caso 1: Calzada única bidireccional. En este caso se asume que para mantener la conectividad de la vía, se realiza la gestión de tráfico necesaria para generar un flujo alternado entre ambas direcciones.
- Caso 2: Doble calzada. En este caso se asume que en la calzada en donde falla la pista se reduce la capacidad, ya que disminuye el número de pistas disponibles.

Para determinar el costos de reposición asociado al activo taludes de terraplén no protegida se utiliza la Ecuación 7.3.40.

$$CR_9 = CH_9 + CTD_9 + CTV_9 + CA_9 + CO_9 \quad (7.3.40)$$

CR_9 : Costo de reposición del activo talud de terraplén no protegido, en UF .

CH_9 : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo talud de terraplén no protegido, en UF .

CTD_9 : Costo por transporte de desechos del activo talud de terraplén no protegido, en UF .

CTV_9 : Costo por aumento de tiempos de viaje debido a re-ruteo, en UF .

CA_9 : Costos por aumento en cantidad de accidentes debido a re-ruteo, en UF .

CO_9 : Costos por aumento de operación vehicular debido a re-ruteo, en UF .

Para todo tramo de talud de terraplén que no esté directamente asociado con la vía de flujo principal, se puede despreciar el costo social generado. Los costos de reposición se determinan mediante la Ecuación 7.3.41.

$$CR_9 = CH_9 + CTD_9 \quad (7.3.41)$$

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

Costos por aumento en tiempos de viaje en taludes de terraplén no protegidas

La obtención de los costos por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.4 y las consideraciones mencionadas. Por ello, para calcular los aumentos en los tiempos de viaje, se asume lo siguiente para cada uno de los casos:

- Calzada única bidireccional: En este caso se asume que el flujo en ambas direcciones es alternado y el tiempo de viaje medio aumenta al doble, suponiendo que la velocidad de circulación media disminuye a la mitad.
- Doble calzada: En este caso se asume que el flujo de una de las calzadas sufre un aumento en los tiempos de viaje medio, debido a que la velocidad de circulación media se disminuye por efectos de reducción de la capacidad, este efecto está explicado en el manual de capacidad (Manual, H. C., 2016).

El costo por aumento en tiempos de viaje, se estima con la Ecuación 7.3.42.

$$CTV_9 = TR_9(TV_{11}^{RO} - TV_9^{RA}) \sum_{i=1}^n TMDA_i \cdot VST_i \cdot \frac{1}{24} \quad (7.3.42)$$

CTV_9 : Costo por aumento en tiempos de viaje debido al re-ruteo, en UF .

TR_9 : Tiempo de reconstrucción y puesta en marcha correspondiente al activo taludes de terraplén no protegido, en *horas*.

TV_9^{RO} : Tiempo de viaje para ruta original, en *horas*.

TV_9^{RA} : Tiempo de viaje para ruta alternativa debido al re-ruteo, en *horas*. Se estima en base a la distancia del re-ruteo y la velocidad obtenida según la Tabla 7.3.1.

$TMDA_i$: Tránsito medio diario anual para tipo de vehículo i , en $\frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$, representativo de toda la vía.

VST_i : Valor social de tiempo de viaje para vehículo i , en $\frac{UF}{\text{vehículo-h}}$. Estos valores se encuentran en la Tabla 7.3.2.

Costos por aumento en cantidad de accidentes en taludes de terraplén no protegidas

La obtención de los costos por aumento en la cantidad de accidentes debido al re-ruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5 y las consideraciones mencionadas. El costo por aumento en cantidad de accidentes, se estima con la Ecuación 7.3.43.

$$CA_9 = TR_9 \sum_{i=1}^n TMDA \cdot VSA_i \cdot (TA_{i11}^{RA} \cdot d_{11}^{RA} - TA_{i11}^{RO} \cdot d_{11}^{RO}) \frac{1}{24 \cdot 10^7} \quad (7.3.43)$$

CA_9 : Costo por aumento en cantidad de accidentes debido al re-ruteo, en UF .

VSA_i : Valor social asociado al tipo de accidente i , en $\frac{UF}{\text{accidente}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.3.

TA_{i9}^{RO} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta original, asociado al tipo de accidente i en $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

TA_{i9}^{RA} : Tasa o probabilidad de accidente en la ruta alternativa debido al re-ruteo, asociado al tipo de accidente i en $\frac{\text{accidente}}{10^7 \cdot \text{veh-km}}$. Estos valores se muestran en la Tabla 7.3.4.

d_9^{RO} : Distancia de la ruta original, en *kilómetros*.

d_9^{RA} : Distancia de la ruta alternativa debido al re-ruteo, en *kilómetros*.

Para el caso 1, la diferencia entre la distancia original y la de re-ruteo es despreciable.

Costos por aumento en operación vehicular en taludes de terraplén no protegidas

La obtención de los costos por aumento en la operación vehicular debido al reruteo se basa en la metodología descrita en la sección 7.3.2.5 y las consideraciones mencionadas. El costo por aumento en operación vehicular, se estima con la Ecuación 7.3.44.

$$CO_9 = TR_9 \sum_{i=1}^n TMDA_i (Fb_{i9}^{RA} \cdot CB_{i9}^{RA} \cdot d_9^{RA} - Fb_{i9}^{RO} \cdot CB_{i9}^{RO} \cdot d_9^{RO}) \frac{1}{24} \quad (7.3.44)$$

CO_9 : Costo por aumento en la operación vehicular debido al re-ruteo, en UF .

Fb_{i9}^{RO} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta original. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

Fb_{i9}^{RA} : Factor del costo de operación base para vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo. Estos factores adimensionales se muestran en la Tabla 7.3.5.

CB_{i9}^{RO} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta original, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

CB_{i9}^{RA} : Costo de operación base del vehículo tipo i en la ruta alternativa debido al re-ruteo, en UF . Ver Tabla 7.3.7 para estos valores.

7.3.3.8.3. Taludes de corte y terraplén protegidas

El cálculo de costo de reposición del activo talud de corte y terraplén es idéntico al de las secciones 7.3.3.8.1 y 7.3.3.8.2 respectivamente, pero se separan debido a que la metodología para evaluar su condición es distinta.

7.3.3.9. Obras de protección fluvial

El costo de reposición del activo obras de protección fluvial se determina mediante la Ecuación 7.3.45.

$$CR_{11} = CH_{11} + CTD_{11} \quad (7.3.45)$$

CR_{11} : Costo de reposición del activo obras de protección fluvial, en UF .

CH_{11} : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo obras de protección fluvial, en UF .

CTD_{11} : Costo por transporte de desechos del activo obras de protección fluvial, en UF .

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

7.3.3.10. Ciclovías

El costo de reposición del activo obras de protección fluvial se determina mediante la Ecuación 7.3.45.

$$CR_{12} = CH_{12} + CTD_{12} \quad (7.3.46)$$

CR_{12} : Costo de reposición del activo ciclovías, en UF .

CH_{12} : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo ciclovías, en UF .

CTD_{12} : Costo por transporte de desechos del activo vial ciclovías, en UF .

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

7.3.3.11. Aceras

El costo de reposición del activo aceras se determina mediante la Ecuación 7.3.45.

$$CR_{13} = CH_{13} + CTD_{13} \quad (7.3.47)$$

CR_{13} : Costo de reposición del activo aceras, en UF .

CH_{13} : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo aceras, en UF .

CTD_{13} : Costo por transporte de desechos del activo vial aceras, en UF .

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos

7.3.3.12. Pantallas acústicas

El costo de reposición del activo pantallas acústicas se determina mediante la Ecuación 7.3.45.

$$CR_{14} = CH_{14} \quad (7.3.48)$$

CR_{14} : Costo de reposición del activo pantallas acústicas, en UF .

CH_{14} : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo pantallas acústicas, en UF .

CTD_{14} : Costo por transporte de desechos del activo vial pantallas acústicas, en UF .

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

7.3.3.13. Sistema de peaje

Los sistemas de peaje se separan en dos grupos debido a la diferencia de los elementos que los componen, está el sistema de presencial y el free-flow. A continuación se presenta el cálculo de costo de reposición de ambos grupos:

7.3.3.13.1. Sistema de peaje presencial

El costo de reposición del activo sistema de peaje presencial se determina mediante la Ecuación 7.3.45.

$$CR_{15} = CH_{15} + CTD_{15} \quad (7.3.49)$$

CR_{15} : Costo de reposición del activo sistema de peaje presencial, en UF .

CH_{15} : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo sistema de peaje presencial, en UF .

CTD_{15} : Costo por transporte de desechos del activo sistema de peaje presencial, en UF .

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

7.3.3.13.2. Sistema de peaje Free-Flow

El costo de reposición del activo sistema de peaje Free-Flow se determina mediante la Ecuación 7.3.45.

$$CR_{16} = CH_{16} + CTD_{16} \quad (7.3.50)$$

CR_{16} : Costo de reposición del activo sistema de peaje free-flow, en UF .

CH_{16} : Costo histórico de construcción actualizado por inflación del activo sistema de peaje free-flow, en UF .

CTD_{16} : Costo por transporte de desechos del activo sistema de peaje presencial, en UF .

Los costos de reposición total del activo se obtiene mediante la suma del costo de todos elementos.

7.4. Categorías de activos, condicionales y evaluación del modelo

Una vez obtenido la calificación mensual de cada activo de la concesión, es necesario llevar esas calificaciones a una global, la cual corresponde a la calificación del modelo de conservación del patrimonio vial. La opción más sencilla es ponderar la calificación de cada activo por su peso respecto al total de la concesión, en este caso, el peso corresponde a la razón entre el costo de construcción histórico de cada activo y el costo de construcción histórico de todos los activos de la carretera considerados en el modelo, con esta opción se tiene en cuenta el aporte de cada uno de activos, pero se presenta el mismo inconveniente que en el modelo de nivel de servicio para el usuario (Muñoz, 2019), el cual es que los activos de poco peso no son significativos para la calificación final, por lo cual estos activos se pueden encontrar en continuo incumplimiento y la calificación del modelo no lo daría a conocer. Para ello se utiliza el mecanismo de condicionales y niveles de importancia (Muñoz, 2019), el cual considera la jerarquización de los activos según su importancia relativa y en el caso que alguno de estos se encuentre en incumplimiento, la calificación global sufrirá penalizaciones dependiendo de la importancia del activo.

El nivel de importancia de cada activo depende directamente del peso que este tiene, se calcula con la expresión 7.4.1. En la tabla 7.4.1 se presenta como se definen las diferentes categorías de importancia.

$$PA_i = \frac{CR_i}{\sum_{i=1}^n CH_i} \quad (7.4.1)$$

PA_i : Peso por costo de reposición del activo i . [-]

CR_i : Costo de reposición del activo i , en UF . Este valor se calcula siguiendo la metodología desarrollada en la sección 7.3.2 .

CH_i : Costo histórico de construcción del activo i , en UF . Actualizado por inflación.

Esta expresión busca definir cuales son los activos viales que al fallar generan mayor costo, y que por lo tanto son relevantes en las acciones de conservación de la administración de la carretera.

Tabla 7.4.1: Penalización del indicador técnico en función de su nivel de importancia y calificación categórica.

Nivel de importancia	Peso por costo de reposición [%]
1°	>B
2°	[B-A]
3°	<A

Donde:

A y B: numeros naturales del 0 al 100

B>A

Los valores A y B tienen que ser definidos por la administración, dependiendo del estándar que le otorguen a la carretera. Estos valores son los umbrales que determinan que activos viales son de mayor importancia e influirán directamente en la calificación final del modelo.

Una vez definido como se determinan los niveles de importancia, es necesario establecer las penalizaciones a la calificación global por incumplimiento del indicador mensual de cada uno de los indicadores. A continuación se presentan las penalizaciones según el nivel de importancia del indicador y calificación categórica en la cual se encuentre.

Tabla 7.4.2: Penalización del indicador técnico en función de su nivel de importancia y calificación categórica.

Nivel de importancia del indicador técnico	Calificación categórica del indicador técnico				
	Muy Bueno	Bueno	Justo	Malo	Muy Malo
1°	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10
2°	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04
3°	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02

Una vez definidas los niveles de importancia y respectivas penalizaciones en caso de incumplimiento, se puede obtener la calificación global del indicador siguiendo el algoritmo presentado en la siguiente figura:

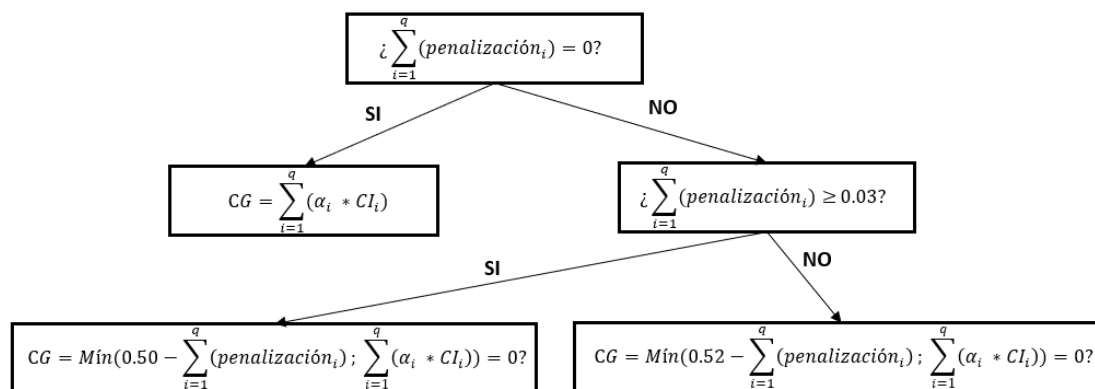


Figura 7.4.1: Esquema de calificación del modelo de conservación de patrimonio vial.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

CG = Calificación global del modelo de conservación del patrimonio vial. [-]
 $penalización_i$ = penalización correspondiente a la importancia del activo i y la calificación categórica del indicador mensual. [-] según la tabla 7.4.2.
 α_i = Peso del activo, según la sección 7.3.1. [-]
 CI_i = Calificación mensual del indicador i . [-]
 q = Cantidad de activos a evaluar [N°]

Finalmente se obtendrá una calificación global numérica y una categórica asociada, cuya relación se presenta en la siguiente tabla;

Tabla 7.4.3: *Calificación global del modelo de conservación del patrimonio vial.*

CALIFICACIÓN	
Numérica	Categórica
[0.80 ; 1.00]	Muy bueno
[0.65 ; 0.80[	Bueno
[0.50 ; 0.65[	Justo
[0.25 ; 0.50[	Malo
[0.00 ; 0.25[	Muy malo

La calificación global de modelo puede ser utilizada como herramienta de gestión, para lo cual es necesario definir propuestas de incentivos y penalizaciones asociado a cada rango de desempeño. Es necesario realizar análisis de sensibilidad de los costos asociados a mantener la infraestructura en cada nivel y las posibles remuneraciones o castigos económicos según sea el caso. También es necesario realizar simulaciones del modelo para ver su comportamiento en condiciones de licitaciones actuales. Estas son tareas para futuras investigaciones que permitan la implementación de este modelo de conservación del patrimonio vial.

Capítulo 8

Conclusiones

Con la tecnología que se encuentra presente actualmente en las concesiones urbanas y la que se debiese incorporar en futuras concesiones, se desarrolló un indicador capaz de evaluar el desempeño del concesionario al garantizar la movilidad, este evalúa los aumentos de los tiempos de viaje respecto a una situación base y es capaz de discriminar los aumentos que son gestionables por el concesionario y aquellos que no son de su responsabilidad. Evaluando directamente la gestión del concesionario.

El indicador es de fácil comunicación para informar el desempeño de la agencia vial a los usuarios que utilizan la carretera, lo cual genera un incentivo natural para optimizar los resultados de este indicador.

Es relevante la actualización de los tiempos de viaje medios representativos, ya que con esto se está tomando en consideración el crecimiento del parque automotriz.

El incluir las zonas de trabajo y mediciones a realizar en la vía como eventos que producen aumentos en los tiempos de viaje atribuibles a la agencia, incentiva al uso de mejores tecnologías que disminuyan la necesidad de intervenir en la vía.

Es recomendable el desarrollo de patrones de tiempos y flujos representativos por temporada, ya que el comportamiento y la cantidad de flujo varía de una a otra.

Es importante evaluar los aumentos de los tiempos de viaje con respecto a una situación base, ya que con esto se logra aislar la gestión de la agencia vial del diseño de la carretera y del flujo circulante. El cálculo del indicador diario, ponderando por el flujo del bloque horario incentiva a realizar tareas sobre la calzada en horarios de poco tránsito.

La sensibilización del indicador permite tener nociones de valores aceptables de los umbrales de cada nivel de evaluación, pero finalmente estos valores tienen que ser definidos concesión a concesión, dependiendo lo exigente que se decida ser al momento del control.

Para investigaciones futuras se tiene que realizar sensibilidad de los aumentos de tiempos de viaje cuando el nivel de servicio de la carretera es bajo (cercano a F), ya que la reacción del sistema a eventos de reducción temporal de capacidad es distinta, y la percepción del usuario cambia considerablemente. También debiesen realizarse estudios para definir niveles de aceptación para los aumentos en los tiempos de viaje por parte de los usuarios, para que de esta manera se pueda incorporar este indicador en un sistema de gestión basado en niveles de servicios.

Para garantizar la conservación de la infraestructura vial se desarrolló un modelo que evalúa la condición estructural de los activos viales. Este modelo pretende entregar un valor único final, el cual representa la condición estructural global de la infraestructura vial.

Se definen todos los activos que forman parte del patrimonio vial y a partir de eso se distinguen aquellos que no son percibidos durante la experiencia de viaje de los usuarios y por lo tanto no se evalúan dentro de un modelo por nivel de servicio para el usuario, pero que son muy relevantes ya que en el caso de no conservarse adecuadamente pueden provocar la falla del activo y producir una gran cantidad de costos sociales a los usuarios debido a la reducción temporal de capacidad y/o re-ruteos. Por lo tanto el modelo de nivel de servicio al usuario y la conceptualización del modelo de conservación del patrimonio son complementarios, es necesario que ambos funcionen en conjunto para garantizar un buen servicio al usuario de manera continúa y sin interrupciones.

El metodología para la obtención del nivel de importancia de cada activo (considerar costo sociales si el activo falla), además de permitir definir las condicionales que reflejan la calificación global del modelo, también entrega información para determinar que tan frágil es una red de carreteras, ya que al comparar el costo social generado por la falla de los activos, se desprende que activos son los más críticos para la red, estos serán aquellos cuyo costo social son considerablemente mayores al resto de los activos, debido a la falta de ruta alternativas o que las rutas alternativas producen un re-ruteo demasiado extenso y generalmente de bajo estándar. Esta información podría utilizarse para calcular algún tipo de indicador de fragilidad de la carretera.

La conceptualización del modelo de conservación del patrimonio es ideal para mantener en buenas condiciones aquellos elementos que no son percibidos durante la experiencia de viaje del usuario, conservándose en óptimas condiciones estructurales los activos viales, pero esto no es suficiente para conocer el valor monetario de la infraestructura, dato muy relevante para que el estado pueda tomar decisiones respecto a futuras licitaciones. Por ello para próximas investigaciones se tiene que desarrollar una metodología que permita evaluar el valor patrimonial de cada activo según la condición en la que se encuentre.

Referencias

- Arroyo Et. Al (2010). Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2010.
- Austroads (2006). Community consultation process and methods for quantifying community expectations on the levels of service for road networks.
- Austroads (2009). Guide to asset management.
- Austroads (2011). National performance indicators.
- Austroads (2016a), Levels of Service for Non-Freight Road Users, AP-T316-16, Austroads, Sydney, NSW.
- Austroads (2016b), Dening asset management level of service requirements for freight on rural arterial roads, AP-T306-16, Austroads, Sydney, NSW.
- Bourne, J. S., Eng, C., Ullman, G. L., Gomez, D., Zimmerman, B., Scriba, T. A., ... & Stargell, R. (2010). Best practices in work zone assessment, data collection, and performance evaluation (No. NCHRP Project 20-68A).
- Caimey, P. (2016). Levels of Service for Non-Freight Road Users. Austroads Publication N° AP-T316-16, Austroads Ltd. Australia.
- CIPFA (2016). Code of practice on the highways network asset.
- COPSA (2016). Estudio prospectivo sobre infraestructura concesionada. Impakta Consultores . Enero 2016.
- Dojutrek, M. S., Makwana, P. A., & Labi, S. (2012). A methodology for highway asset valuation in indiana.
- FDOT (2016). 2016 Performance report.
- Haas, R., Felio, G., Lounis, Z., & Falls, L. C. (2009, October). Measurable performance indicators for roads: Canadian and international practice. In Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Vancouver.
- Helen Hilario-Teodoro (2018). Análisis del transporte de material en obras viales.

- Indiana department of transport and purdue university (2012). A methodology for highway asset valuation.
- Instituto MAPFRE (2000). Valoracion social de las carreteras españolas. España.
- Li, R. M., Rose, G. and Sarvi, M. (2006) Evaluation of speed-based travel time estimation models. *Journal of Transportation Engineering-Asce*, 132, 540-547.
- Litzka, J., Leben, B., La Torre, F., Weninger-Vycudil, A., d Antunes, M., Kokot, D., ... & Viner, L. (2008). The way forward for pavement performance indicators across Europe.
- Manual, H. C. (2016). A guide for multimodal mobility analysis. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Margiotta, R., Lomax, T. J., Hallenbeck, M. E., Turner, S. M., Skabardonis, A., Ferrell, C., & Eisele, W. L. (2006). Guide to effective freeway performance measurement: Final report and guidebook (No. NCHRP Project 3-68).
- Mehran, B., & Nakamura, H. (2009). Considering travel time reliability and safety for evaluation of congestion relief schemes on expressway segments. *IATSS research*, 33(1), 55-70.
- Mehran, B., & Nakamura, H. (2007). Performance Evaluation of Highway Segments Using Travel Time Based Performance Measures. In *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies Vol. 6 (The 7th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2007)* (pp. 318-318). Eastern Asia Society for Transportation Studies.
- Ministerio de desarrollo social (2017). Metodología de formulación y evaluación de proyectos de transporte inter-urbanos.
- Ministerio de desarrollo social (2018). Precios sociales 2018.
- Ministerio de fomento (2008). Pliego Tipo de Cláusulas Administrativas Particulares del Contrato de Concesión de Obras Públicas para la Conservación y Explotación de la Autovías de Primera Generación. España.
- Ministerio de obra publicas, dirección de vialidad (2013). Valor del patrimonio vial de la red vial nacional año 2013
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de concesiones (1997). Bases de licitación “Interconexión vial Santiago-Valparaíso-Viña del Mar, Ruta 68”. Chile.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Obras Públicas (2009). Diseño metodológico y aplicación de la medición de satisfacción de usuarios de obras públicas viales. Principales Resultados de Usuarios de Carreteras Concesionadas y no Concesionadas y Usuarios de Autopistas Urbanas. Observatorio Social de la Universidad Alberto Hurtado, Santiago, diciembre de 2009. Chile.

- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Obras Públicas (2012). Segunda medición de satisfacción y calidad de servicio percibida por los usuarios de obras viales. Informe Final. Facultad de Economía Universidad de Chile, Santiago, Julio de 2012. Chile.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de concesiones (2012). Bases de licitación “Concesión Mejoramiento y Conservación de la Ruta 43, de la Región de Coquimbo”. Chile.
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de concesiones (2015). Bases de licitación “Segunda Concesión Camino Nogales – Puchuncaví”. Chile.
- Ministerio de Obras Públicas, Coordinación de Concesiones (2016). Concesiones de Obras Públicas en Chile 20 años, Chile.
- Monzón Hernández, Alesander (2017). Estudio de indicadores de explotación y conservación en la concesión de la carretera CV-35, provincia de Valencia. Análisis y propuestas de mejora.
- Muñoz, R. (2019) Desarrollo de un modelo para evaluar el nivel de servicio de carreteras interurbanas concesionadas desde el punto de vista del usuario.
- Dye Management Group, Inc, Paul D. Thompson Consulting, & Quality Engineering Solutions, Inc. (2010). Development of Levels of Service for the Interstate Highway System (Vol. 677). Transportation Research Board.
- Qiang, S. H. E. N. (2012). Road network mobility performance evaluation based on freeway toll data. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 29(8), 118-126.
- Robinson, M. D., Raynault, E., Frazer, W., Lakew, M., Rennie, S., & Sheldahl, E. (2006). DC streets performance-based asset preservation experiment: Current quantitative results and suggestions for future contracts (No. 06-2075).
- Secretaría de comunicación y transporte, Instituto mexicano de transporte (2010). Costo de operación base de los vehículos representativos de transporte inter-urbano 2010.
- Talvitie, A. (1999). Performance indicators for the road sector. *Transportation*, 26(1), 5 – 30.
- Turner, S., Margiotta, R., & Lomax, T. (2004). Monitoring Highway Congestion and reliability using archived traffic detector data. *Lessons Learned*. Texas: Texas Transportation Institute, (10).
- Ullman, G. L., Lomax, T. J., & Scriba, T. (2011). A primer on work zone safety and mobility performance measurement (No. FHWA-HOP-11-033). United States. Federal Highway Administration. Office of Operations.

Anexos

Ficha técnica. % Agrietamiento pavimento de asfalto

Tabla 8.0.1: Ficha técnica. % agrietamiento pavimento asfáltico

TIPO DE DOCUMENTO		Ficha técnica				
CARACTERÍSTICA		Agrietamientos en pavimentos flexibles/rígidos				
IDENTIFICADOR		PL-CA-FT8				
INFORME TÉCNICO ASOCIADO		Definición de un indicadores técnicos para la evaluación de pavimentos (PL-CA-IT2)				
DESARROLLADO POR		Universidad Técnica Federico Santa María				
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA				
Porcentaje de agrietamiento (pav. flexible)	[%]	Anual				
Porcentaje de losas agrietadas (pav. rígido)	[%]	Anual				
NORMATIVA DE REFERENCIA						
AASHTO PP 67 Quantifying Cracks in Asphalt Pavement Surfaces from Collected Pavement Images Utilizing Automated Methods						
AASHTO PP 68 Collecting Images of Pavement Surfaces for Distress Detection						
ASTM E-1656 Standard Guide for Classification of Automated Pavement Condition Survey Equipment. Pavement Condition Survey Equipment						
EQUIPO DE MEDICIÓN						
Equipo de medición de grietas C2221 o superior (según ASTM E-1656)						
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES						
Se deben inspeccionar todas las pistas.						
Se deben recolectar imágenes del pavimento según se establece en AASHTO PP 68						
Se deben reportar las grietas por tipo (pattern, transverse, longitudinal), severidad y zona según se define en AASHTO PP 67. Para efectos de evaluar el desempeño se consideran como grietas aquellas que no poseen sello íntegro y bien adherido, sin embargo de igual forma se deben reportar las grietas selladas.						
La longitud de la sección de resumen debe ser 50 m. Tanto para pavimento flexibles como de hormigón.						
Para determinar los niveles de desempeño se deben sumar los valores de agrietamiento por tipo (pattern, transverse, longitudinal) en la sección de resumen y contrastarlos con lo establecido en (I) en el caso de los pavimentos flexibles, las grietas transversales y longitudinales se transforman a un equivalente de área al multiplicar su longitud por 0.5 m.						
Se considera que una losa está agrietada si presenta al menos una grieta longitudinal, transversal o de esquina según la sección Deterioros en Pavimentos Rígidos del Catálogo de Deterioros Anexo al MC-V7. Cabe destacar que, pensando en el patrimonio vial, se deberían considerar todo tipo de grietas, independiente de la severidad (baja, media o alta), sin embargo, esto puede ser muy exigente, por lo que se da la alternativa de considerar solo grietas de media y alta severidad. Los niveles de desempeño se establecen según (II) en el caso de los pavimentos rígidos.						
La escala de desempeño es distinta para cada tipo de pavimento, pero como en ambos casos se mide en unidades espaciales de 50 metros, se utiliza la tabla adjunta para evaluar el comportamiento a nivel de carretera, considerando la totalidad de secciones analizadas.						
NIVELES DE DESEMPEÑO						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
(I) Agrietamiento pavimento flexible [%]						
[0.0 , 4.0[	[4.0 , 7.0[	[7.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0[	> 15.0	
(II) Losas de hormigón agrietadas [%]						
[0.0 , 5.0[	[5.0 , 10[	[10 , 15[	[15 , 20[	> 20.0	
Porcentaje de secciones dentro de cada rango de agrietamiento						
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	< 1	= 0	= 0
	Bueno	≥ 50		< 50	= 0	= 0
	Justo		-		≤ 5	≤ 2
	Malo		-		≤ 15	≤ 2
	Muy malo		-		> 15	≤ 2
	Muy malo			-		> 2

Ficha técnica. Deflectometría (D₀) pavimento de asfalto

Tabla 8.0.2: Ficha técnica . Deflectometría (D₀) pavimento de asfalto

TIPO DE DOCUMENTO		Ficha técnica					
CARACTERÍSTICA		Capacidad Estructural General					
IDENTIFICADOR		PL-CA-FT9					
INFORME TÉCNICO ASOCIADO		Definición de un indicador asociado a la capacidad estructural de pavimentos (PL-CA-IT9)					
DESARROLLADO POR		Universidad Técnica Federico Santa María					
INDICADOR	UNIDAD		FRECUENCIA DE MEDIDA				
Deflexión máxima (D ₀)	[μm]		Cada 3 años				
NORMATIVA DE REFERENCIA							
8.502.5 Manual de Carreteras Volumen N°8							
EQUIPO DE MEDICIÓN							
Deflectómetro de Impacto (FWD)							
METODO DE MEDIDA							
D ₀ = Deflexión en el centro de carga.							
Se medirán los valores puntuales de las deflexiones en el centro de la carga aplicada, se informarán en μm. Los ensayos deben realizarse según una secuencia fija alternando posición y desfasando las mediciones entre una y otra pista, al menos cada 50 m (por pista) y sobre la huella externa.							
Quedan exentas de este análisis secciones de viaductos, pasos superiores y puentes que estén contenidos en la carretera.							
Se considerarán para valores puntuales las deflexiones corregidas por humedad, temperatura y carga, según indique la normativa o recomendaciones vigentes. Deflexiones medidas en carreteras diseñadas para tránsitos mayores a 20 millones de EE se evaluarán según los siguientes niveles de desempeño.							
NIVELES DE DESEMPEÑO							
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO			
Rangos indicador D₀ [μm]							
Pavimento Base Granular							
≤200	]200;300]	]300;400]	]400;500]	>500
Pavimento Base Cementada							
≤125	]125;150]	]150;200]	]200;250]	>250
Pavimento Base Bituminosa							
≤200	]200;300]	]300;400]	]400;500]	>500
Calificación del indicador		Porcentaje del total de mediciones puntuales de D ₀ dentro de cada rango					
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO	
		Muy Bueno	≥ 50	< 50	< 1	0	0
		Bueno	≥ 50		< 50	0	0
		Justo	-			≤5	≤2
		MALO	-			≤10	≤2
MUY MALO	-			>10	≤2		
		-			>2		

Ficha técnica. % transferencia de carga pavimento de hormigón

Tabla 8.0.3: Ficha técnica. % transferencia de carga pavimento de hormigón

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica																																																				
CARACTERÍSTICA	Capacidad Estructural Eficiencia de Transferencia de Carga Pavimento Hormigón																																																				
IDENTIFICADOR	PL-CA-FT13																																																				
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador asociado a la capacidad estructural de pavimentos (PL-CA-IT9)																																																				
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María																																																				
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA																																																			
Transferencia de carga (TC%)	[%]	Cada 3 años																																																			
NORMATIVA DE REFERENCIA																																																					
8.502.5 Manual de Carreteras Volumen N°8																																																					
EQUIPO DE MEDICIÓN																																																					
Deflectómetro de Impacto (FWD)																																																					
METODO DE MEDIDA																																																					
<p>La carga debe ser ubicada en el centro de la losa y luego movida a la junta de salida con respecto a la misma losa.</p> <p>Se medirán los valores puntuales de las deflexiones a 0[mm] y 300 [mm] desde el centro de carga, se informarán en μm. La medición D0 se mide a 150 [mm] de la junta transversal.</p> <p>El área mínima de muestreo es el 15% de las losas cada 250 m. Las juntas a medir serán escogidas aleatoriamente o por el inspector fiscal, si este lo estima conveniente. Quedan exentas de este análisis secciones de viaductos, pasos superiores y puentes que estén contenidos en la carretera. Se evalúan todas las pistas.</p> <p>Se considerarán valores puntuales de las deflexiones corregidas por humedad, temperatura y carga, según indique la normativa o recomendaciones vigentes.</p> <p>Quedan exentas de este análisis secciones de viaductos, pasos superiores y puentes que estén contenidos en la carretera.</p> <p>La primera medición se debe realizar al momento de poner en marcha la carretera.</p>																																																					
NIVELES DE DESEMPEÑO																																																					
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO																																																	
Porcentaje eficiencia transferencia de carga [%]																																																					
≥70]70;60]]60;50]]50;40]	<40																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">Porcentaje del total de mediciones puntuales de D_0 dentro de cada rango</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #90EE90;">Muy Bueno</td> <td style="background-color: #90EE90;">Bueno</td> <td style="background-color: #FFFF99;">Justo</td> <td style="background-color: #FF9999;">MALO</td> <td style="background-color: #FF6666;">MUY MALO</td> </tr> <tr> <td rowspan="5" style="background-color: #D3D3D3; vertical-align: middle;">Calificación del indicador</td> <td style="background-color: #90EE90;">Muy Bueno</td> <td>≥ 50</td> <td>< 50</td> <td>< 1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #90EE90;">Bueno</td> <td colspan="2">≥ 50</td> <td>< 50</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #FFFF99;">Justo</td> <td colspan="2">-</td> <td></td> <td>≤5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #FF9999;">MALO</td> <td colspan="2">-</td> <td></td> <td>≤10</td> <td>≤2</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #FF6666;">MUY MALO</td> <td colspan="2">-</td> <td></td> <td>>10</td> <td>≤2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">-</td> <td></td> <td></td> <td>>2</td> </tr> </table>					Porcentaje del total de mediciones puntuales de D_0 dentro de cada rango						Muy Bueno	Bueno	Justo	MALO	MUY MALO	Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	< 1	0	0	Bueno	≥ 50		< 50	0	0	Justo	-			≤5	0	MALO	-			≤10	≤2	MUY MALO	-			>10	≤2				-			>2
Porcentaje del total de mediciones puntuales de D_0 dentro de cada rango																																																					
	Muy Bueno	Bueno	Justo	MALO	MUY MALO																																																
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	< 1	0	0																																															
	Bueno	≥ 50		< 50	0	0																																															
	Justo	-			≤5	0																																															
	MALO	-			≤10	≤2																																															
	MUY MALO	-			>10	≤2																																															
			-			>2																																															

Ficha técnica. Índice de condición vías de servicio

Tabla 8.0.4: *Ficha técnica. Índice de condición vías de servicio. Parte I*

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Condición global de calzada en vías de servicio	
IDENTIFICADOR	VS-PL-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de condición para vías de servicio (VS-PL-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de Condición de Calzada en Vías de Servicio (ICCVS)	Adimensional	Anual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
ASTM E950 / E950M - 09(2018) Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference.		
ASTM E-1656 Standard Guide for Classification of Automated Pavement Condition Survey Equipment. Pavement Condition Survey Equipment.		
ASTM E1170 - 97(2017) Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces.		
AASHTO PP 67 - Quantifying Cracks in Asphalt Pavement Surfaces from Collected Pavement Images Utilizing Automated Methods		
AASHTO PP 68 - Collecting Images of Pavement Surfaces for Distress Detection.		
AASHTO PP 69 - Determining Pavement Deformation Parameters and Cross Slope from Collected Transverse Profiles.		
AASHTO PP 70 - Collecting the Transverse Pavement Profile.		
AGAM-T014-16 Validation of a Laser Profilometer for Measuring Pavement Rutting(Reference Device Method).		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
Perfilómetro Inercial (Clase 1, según ASTM E950).		
Perfilómetro T1111 (Según ASTM E-1656) y que cumpla los requisitos de medición del perfil transversal de AASHTO PP-70 y las modificaciones planteadas en el informe asociado.		
Equipo de medición de grietas C2221 o superior (según ASTM E-1656)		
Inspección visual de imágenes obtenidas del pavimento recolectadas segun normativa AASHTO PP-68.		

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES
Rugosidad
La metodología de medición del perfil longitudinal se debe basar en la normativa ASTM E950.
Se deben medir 2 perfiles longitudinales por pista, separados a 0.9 m a cada lado de la línea central de la pista (1.8 m de separación entre los transductores de distancia).
Los datos obtenidos cada perfil longitudinal deben ser guardados en un archivo de formato compatible con el software ProVal, para permitir realizar análisis posteriores de los resultados obtenidos, por ejemplo usando otros intervalos de evaluación.
El valor de IRI debe reportarse cada 50 [m].
Respecto del equipo de medición, debe ser un perfilómetro inercial, que cumpla los requisitos necesarios para calificar como Clase 1 (según ASTM E950), tanto para el intervalo de muestreo longitudinal como de resolución vertical. Adicionalmente, debe poseer una certificación anual (Clase 1) de precisión y exactitud según ASTM E950. Para tales efectos, se debe contar con un valor de referencia aceptado en cada punto del perfil del pavimento, el que se debe derivar de un método de referencia como el de mira y nivel según ASTM 1364, o bien el uso de equipos tipo pivote como el Dipstick utilizando métodos de ensayo referenciales como AASHTO R41 o ASTM E2133.
Posteriormente, se debe calcular el IRI de cada perfil longitudinal, basado en la normativa ASTM E1170. Para tal efecto, se debe utilizar el modelo de simulación de cuarto de vehículo. El valor final a reportar debe ser el IRI promedio de ambos perfiles (MRI), en unidades de m/km con un decimal.
El valor de MRI en [m/km] se utiliza para determinar el Índice de Condición de Calzada en Vías de Servicio.
Agrietamiento
La metodología de medición de agrietamiento se debe basar en la normativa AASHTO PP-67, clasificando las grietas de acuerdo a ésta.
Las mediciones deben realizarse utilizando un equipo automático de alto rendimiento del tipo C2221 o superior, de acuerdo a normativa ASTM E-1656.
En secciones compuestas por pavimento asfáltico, las grietas se clasificarán en dos grupos:
- Grietas Lineales (GL): corresponden a aquellas grietas tipo " <i>Longitudinal</i> " y " <i>Transverse</i> " según norma AASHTO PP-67.
- Grietas de Tipo Fatiga (GF): corresponden a aquellas grietas tipo " <i>Pattern</i> " según norma AASHTO PP-67.
Mientras que en tratamientos superficiales se calculará el porcentaje de área afectado por agrietamiento (AG) sin clasificación.
Las imágenes del pavimento deben ser recolectadas según AASHTO PP-68.
El cálculo del porcentaje de área agrietada se realizará mediante las fórmulas entregadas por el Anexo del Volumen N°7 del Manual de Carreteras. De esta forma se obtiene el porcentaje de área afectada por grietas lineales (GL) y por grietas tipo fatiga (GF) para pavimentos asfálticos, mientras que para tratamientos superficiales se obtiene el porcentaje total de área agrietada (AG).
La longitud de las secciones de resumen debe ser de 50 [m].

Ahuellamiento
La metodología de medición de ahuellamiento se debe basar en la normativa AASHTO PP-70.
El espaciamiento longitudinal máximo entre perfiles transversales es de 0.25 [m], con un intervalo resumen de 50 [m].
El indicador técnico a utilizar es el Ruth Depth (RD), de acuerdo a la norma AASHTO PP-69.
El equipo de medición debe ser un perfilómetro T1111 de acuerdo a la norma ASTM E-1656, debiendo validarse según el protocolo establecido en la normativa AGAM-T014-16.
El valor de RD cada 50 [m] corresponde al máximo valor de RD promedio obtenido en cada huella. Este valor de RD cada 50 [m] debe utilizarse para determinar el Índice de Condición de Calzada en Vías de Servicio (ICCVS).
Baches
Los baches serán identificados de acuerdo a la definición entregada en el Anexo del Volumen N°7 del Manual de Carreteras.
Se debe registrar el N° de baches y la superficie afectada en [m ²], declarándose tanto baches abiertos como cerrados, realizándose las mediciones en tramos de 50 [m] de longitud.
Los baches serán detectados mediante medición de perfiles transversales según metodología presentada en la norma AASHTO PP-70. El espaciamiento longitudinal máximo entre perfiles transversales debe ser de 0.25 [m] y el intervalo resumen de 50 [m].
El equipo de medición debe ser un perfilómetro T1111 de acuerdo a la norma ASTM E-1656, debiendo validarse según el protocolo establecido en la normativa AGAM-T014-16.
El tramo de 50 [m] que cuente con presencia de baches debe ser declarado con Índice de Condición de Calzada en Vías de Servicio (ICCVS) en estado Muy malo, dado que en vías de servicio no se permitirán baches.
La detección debe ser corroborada mediante inspección visual de imágenes en el pavimento, permitiendo determinar el porcentaje de área afectada por baches. Las imágenes del pavimento deben ser recolectadas según AASHTO PP-68.
El porcentaje de área afectada por baches debe ser determinado de acuerdo al Anexo del Volumen N°7 del Manual de Carreteras.
Pérdida de agregados
La pérdida de áridos será identificada según la definición entregada por el Anexo del Volumen N°7 del Manual de Carreteras.
Se debe determinar la superficie afectada por pérdida de agregados en [m ²], así como el porcentaje de área afectada por este deterioro en cada tramo de 50 [m], siendo este último valor el utilizado para determinar el ICCVS.
El porcentaje de área afectada por pérdida de áridos (PA) debe ser determinado mediante inspección visual de imágenes del pavimento, estas últimas recolectadas de acuerdo a la norma AASHTO PP-68.
El porcentaje de área afectada por pérdida de agregados debe ser determinado de acuerdo al Anexo del Volumen N°7 del Manual de Carreteras.

Exudación				
La exudación será identificada según la definición entregada por el Anexo del Volumen N°7 del Manual de Carreteras.				
En la medición se debe establecer la superficie en [m ²] afectada por exudación y el porcentaje de área afectada por exudación en tramos de 50[m]. Este último valor es utilizado para determinar el ICCVS de la sección.				
El porcentaje de área afectada por exudación debe ser determinado mediante inspección visual de imágenes del pavimento, recolectadas de acuerdo a la norma AASHTO PP-68.				
El porcentaje de área afectada por exudación (E) debe ser determinado de acuerdo al Anexo del Volumen N°7 del Manual de Carreteras.				
ÍNDICE DE CONDICIÓN DE CALZADA EN VÍAS DE SERVICIO (ICCVS) POR SECCIÓN				
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS				
$ICCVS_{AS} = 9.64 - 0.637MRI - 0.046RD - 0.034GF - 0.027E - 0.02GL$				
Donde:				
MRI: Mean Roughness Index [m/km].				
RD: Ruth Depth de la sección en [mm].				
GF: Porcentaje de área afectada por grietas de fatiga (tipo pattern según AASHTO PP-67).				
GL: Porcentaje de área afectada por grietas lineales (tipo transverse y longitudinal según AASHTO PP-67).				
E: Porcentaje de área afectada por exudación.				
NIVELES DE DESEMPEÑO PARA ICCVS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
[8.0 , 10.0]	[7.5 , 7.9]	[6.0 , 7.4]	[4.5 , 6.9]	≤ 4.4
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES				
$ICCVS_{TS} = 10.707 - 0.642MRI - 0.059RD - 0.045AG - 0.023E - 0.013PA$				
Donde:				
MRI: Mean Roughness Index [m/km].				
RD: Ruth Depth de la sección en [mm].				
AG: Porcentaje total de área agrietada..				
E: Porcentaje de área afectada por exudación.				
PA: Porcentaje de área afectada por pérdida de agregados.				
NIVELES DE DESEMPEÑO PARA ICCVS EN TRATAMIENTOS SUPERFICIALES				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
[9.0 , 10.0]	[8.0 , 8.9]	[6.0 , 7.9]	[4.5 , 6.9]	≤ 4.4

UMBRALES DE INCUMPLIMIENTO INDIVIDUALES POR TIPO DE DETERIORO						
A su vez, cada tipo de deterioro evaluado está sujeto a umbrales de incumplimiento, que corresponden a valores extremos que no están permitidos. Si estos umbrales son alcanzados, entonces la sección se declarará automáticamente con un ICCVS "Malo" o "Muy Malo" según corresponda.						
NIVEL DE DESEMPEÑO						
	UMBRAL DE INCUMPLIMIENTO - MALO			UMBRAL DE INCUMPLIMIENTO - MUY MALO		
MRI [m/km]	4.5			6.5		
RD [mm]	10			15		
Porcentaje total de área afectada por agrietamiento	20%			40%		
Porcentaje afectado por baches abiertos y/o cerrados	-			> 0%		
Porcentaje de área afectada por exudación (E)	30%			50%		
Porcentaje de área afectada por pérdida de áridos (PA)	40%			60%		
PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN						
El nivel de desempeño de la sección será el MÍNIMO obtenido en cada pista, ya sea con las expresiones matemáticas del ICCVS o por alcanzar los umbrales de incumplimiento.						
Si una sección alcanza dos o más umbrales de incumplimiento "Malo" a la vez, entonces la sección se declara con ICCVS "Muy Malo".						
CALIFICACIÓN GLOBAL DEL INDICADOR						
Nivel de desempeño del ICCVS en cada sección						
	Muy Bueno	Bueno	Justo	Malo	Muy Malo	
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 5.0%	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo		> 96%		< 4.0%	= 0%
	Malo		≥ 95%		< 5.0%	< 2.5%
	Muy malo		< 95%			> 5.0%
			-			> 2.5%

Ficha técnica. Índice de condición saneamiento y drenaje

Tabla 8.0.5: *Ficha técnica. Índice de condición saneamiento y drenaje. Parte I*

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Integridad de sistema de saneamiento y drenaje	
IDENTIFICADOR	SD-SD-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador asociado al saneamiento y drenaje (SD-SD-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de Condición de SD (ICSD)	adimensional	Anual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
No existe normativa de referencia		
La metodología de referencia se describe en Arriagada (2015).		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Inspección visual		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
<p>La metodología de inspección visual y de calificación de condición del ICSD se encuentra contenida en el "Manual de Inspección Visual de Activos de Saneamiento y Drenaje de Carreteras", elaborado por Arriagada y Echaveguren (2015). La metodología contempla procedimientos de evaluación de condición de 18 activos del sistema de saneamiento y drenaje considerando sus diversas materialidades. Considera sistemas de Saneamiento y Drenaje de aguas superficiales y subterráneas, obras de control de taludes y obras complementarias. Considera también 19 tipos de deterioro agrupados en deterioros estructurales, funcionales, por desgaste y de contorno, que dan origen a alrededor de 120 combinaciones posibles.</p> <p>El índice de condición se calcula para secciones de 1 kilómetro de carretera de tal manera que se cubra toda el área de concesión, si hay un tramo de longitud menor a 1 kilómetro, entonces la sección corresponde a la longitud del tramo. Cada sección debe contar con su inventario completo de elementos de saneamiento y drenaje, con su respectiva condición (severidad) al momento de inspeccionar. Los niveles de severidades para cada tipo de elemento se encuentran disponibles en los anexos de la metodología de referencia.</p> <p>Con el inventario y la condición de cada elemento, se procede a calcular el índice de condición utilizando los ponderadores correspondientes para cada tipo de elemento (en la tabla adjunta). El índice de condición de cada tipo de elemento por separado se determina utilizando la siguiente expresión:</p>		
$ICA_e = \frac{\sum_{d=1}^n I_d * C_{d,e}}{\sum_{d=1}^n I_d}$		

Donde:
 ICAe = Índice de condición del tipo de elemento e.
 Id = Importancia del deterioro d.
 Cd,e = Calificación debido a severidad del deterioro d en el tipo de elemento e.
 n = Cantidad de deterioros que puede presentar cada tipo de elemento

Consideraciones para obtener ICAe:
 1) Teniendo en cuenta que el ICAe se obtiene por sección y tipo de elemento (no por elemento), una sección puede presentar diversos deterioros del mismo tipo para un mismo tipo de elemento, en este caso se deberá considerar el deterioro peor calificado, es decir, el que posee menor Cd,e (mayor severidad). Por ejemplo, para el kilómetro o sección X se tienen 4 tramos de "Alcantarilla sin muro de boca", donde uno de ellos posee "Sedimentación" con severidad alta, mientras que el resto de tramos presenta el mismo deterioro con severidad baja o media, entonces para el tipo de elemento e="Alcantarilla sin muro de boca" en la sección X, el Cd,e a considerar asociado al deterioro d="Sedimentación", corresponde al del tramo con severidad alta, por lo que Cd,e tendría valor 1 según tabla adjuntas.

Una vez se tengan los ICAe para cada tipo de elemento y secciones, se procede a determinar el índice de condición de saneamiento y drenaje en su conjunto para la sección analizada, utilizando la siguiente expresión:

$$ICSD = \frac{\sum_{e=1}^m I_e * ICA_e}{\sum_{e=1}^m I_e}$$

Donde:
 ICSD= Índice de condición del saneamiento y drenaje.
 Ie = Importancia del elemento e
 e = Número del elemento analizado.
 m = Cantidad de elementos en la sección analizada.

Consideraciones para obtener ICSD:
 1) El valor obtenido de ICSD, para cada sección analizada, se compara con los niveles de desempeño presentados en esta ficha técnica, obteniéndose la calificación de la sección.
 2) El ICSD es necesario evaluarlo un día al año (día acordado por inspector fiscal y concesionario) y es válido por la totalidad del año a menos que, el inspector fiscal a cargo, mediante la inspección visual correspondiente, detecte algún deterioro no notificado y/o inaceptable de algún elemento, en cuyo caso el concesionario constará de un plazo de reparación de 30 días para subsanarlo, si no se cumple este plazo, la calificación de la sección analizada es de "MALO" mensualmente hasta que el incumplimiento sea solucionado.

Para obtener la calificación global a nivel de carretera, es necesario, comparar la distribución de calificaciones a lo largo de la totalidad de la vía con la tabla de conformidad propuesta a continuación.

NIVELES DE DESEMPEÑO							
MUY BUENO		BUENO		JUSTO	MALO	MUY MALO	
Índice de Condición de SD (ICSD) (Adimensional)							
]5.0 - 4.75]		]4.75 - 4.5]		]4.5 - 4.0]	]4.0 - 3.5]	]3.5 - 1.0]
Porcentaje de secciones dentro de cada rango							
		]5.0 - 4.75]	]4.75 - 4.5]	]4.5 - 4.0]	]4.0 - 3.5]	]3.5 - 1.0]
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50		< 50	]0.0, 5.0]	= 0
	Bueno	≥ 50		< 50	= 0	= 0	
	Justo	100%					= 0
	Malo	-]0.0, 5.0]	= 0
	Muy malo	-				> 5.0	= 0
-							
						> 0	

Nombre Elemento	Materialidad	Peso activo	Deterioro	Peso	Calificación según severidad			
			(Unidad de medida)	Deterioro	Sin deterioro	Severidad baja	Severidad media	Severidad alta
Cuneta revestida	Hormigón	9	Escalonamiento (mm)	0,7	5	3	2	1
			Grietas (mm)	1				
			Abrasión (-)	0,1				
			Bache (cm)	1				
			Fracturamiento estructura (mm)	1				
			Separación de la cuneta (mm)	0,8				
			Obstrucción (%)	0,7				
	Estructura de entrega (-)	0,7						
	Geotextil	9	Abrasión (-)	0,1	5	3	2	1
			Separación de la cuneta (mm)	0,8				
Discontinuidad (m)			0,7					
Obstrucción (%)			0,7					
Cuneta no revestida	Terreno natural	7	Pérdida del trazado (%)	0,8	5	3	2	1
			Obstrucción (%)	0,7				
			Erosión (%)	0,8				
			Estructura de entrega (-)	0,7				
Solera y Solera-Cuneta	Hormigón	7	Asentamiento (mm)	0,8	5	3	2	1
			Grietas (mm)	1				
			Desplazamiento (mm)	0,8				
			Obstrucción (mm)	0,7				
			Bache (mm)	1				
			Estructura de entrega (-)	0,7				
Alcantarilla sin muro de boca	Tubo de metal corrugado	7	Oxidación (%)	0,1	5	3	2	1
			Abrasión (-)	0,1				
			Abolladura (%)	1				
			Mala conexión (mm)	0,7				
			Socavación (%)	0,8				
			Sedimentación (%)	0,7				
			Def. sección transversal (%)	1				
	Deformación longitudinal (-)	1						
	Tubo de hormigón	7	Grietas (mm)	1	5	3	2	1
			Abrasión (-)	0,1				
			Sedimentación (%)	0,7				
			Mala conexión (-)	0,7				
			Socavación (%)	0,8				
	Tubo de polietileno de alta densidad (HDPE)	7	Abrasión (mm)	0,1	5	3	2	1
Sedimentación (%)			0,7					
Roturas (-)			1					
Socavación (%)			0,8					

Nombre Elemento	Materialidad	Peso activo	Deterioro	Peso	Calificación según severidad			
			(Unidad de medida)	Deterioro	Sin deterioro	Severidad baja	Severidad media	Severidad alta
Alcantarilla con muro de boca	Tubo de metal corrugado	10	Sedimentación (%)	0,7	5	3	2	1
			Deformación (mm)	1				
			Abolladura (%)	1				
			Mala conexión (mm)	0,7				
			Oxidación (%)	0,1				
			Exposición al tráfico (-)	0,8				
			Enfierraduras a la vista (-)	1				
			Grieta (mm)	1				
			Fracturas (-)	1				
			Socavación (%)	0,8				
	Tubo de hormigón	10	Grietas de tubería (mm)	1	5	3	2	1
			Abrasión (-)	0,1				
			Sedimentación (%)	0,7				
			Mala conexión (-)	0,7				
			Exposición al tráfico (-)	0,8				
			Enfierradura a la vista (-)	1				
			Grieta (mm)	1				
			Fracturas (-)	1				
			Socavación (%)	0,8				
Sumidero	Hormigón	6	Escalonamiento (mm)	0,7	5	3	2	1
			Grietas (mm)	1				
			Abrasión (-)	0,1				
			Oxidación (%)	0,1				
			Obstrucción (%)	0,7				
			Estructura de entrega (-)	0,7				
Badén	Varios	5	Escalonamiento (mm)	0,7	5	3	2	1
			Grietas (mm)	1				
			Abrasión (-)	0,1				
			Pendiente (%)	0,7				
			Bache (mm)	1				
Descarga de tubo corrugado	Tubo de metal corrugado	8	Grietas (mm)	1	5	3	2	1
			Juntas de sello (mm)	0,7				
			Socavación (mm)	0,8				
			Oxidación (%)	0,1				
			Obstrucción (%)	0,7				
			Estructura de entrega (mm)	0,7				

Nombre Elemento	Materialidad	Peso activo	Deterioro	Peso	Calificación según severidad			
			(Unidad de medida)	Deterioro	Sin deterioro	Severidad baja	Severidad media	Severidad alta
Foso y Contrafoso	Hormigón	9	Escalonamiento (mm)	0,7	5	3	2	1
			Grietas (mm)	1				
			Abrasión (-)	0,1				
			Fracturamiento estructura (mm)	1				
			Estructura de entrega (-)	0,7				
			Obstrucción (%)	0,7				
			Deslizamiento (%)	0,8				
Disipador	Hormigón	1	Abrasión (-)	0,1	5	3	2	1
			Obstrucción (%)	0,7				
			Socavación (mm)	0,8				
			Colapso de la estructura (-)	1				
			Estructura de entrega (-)	0,7				
			Escalonamiento (mm)	0,7				
			Grietas (mm)	1				
Geometría (-)	1							
Revestimiento	Varios	4	Desprendimientos (-)	0,7	5	3	2	1
			Deformación (-)	1				
			Grietas (mm)	1				
			Vegetación (m2)	0,7				
			Oxidación (%)	0,7				
Filtro sub superficial	Geotextil	1			5	3	2	1
Dren longitudinal	Tubo de cloruro de polivinilo (PVC)	3	Agua en la calzada (m)	0,7				
Pozo vertical de drenaje	Áridos	2			5	3	2	1
Batería de drenaje	Tubo de cloruro de polivinilo (PVC)	4	Socavón (-)	1				
Aliviador de crecidas	Terreno natural	2	Revestimiento (%)	1	5	3	2	1
			Obstrucción (%)	0,7				
Zona de decantación	Terreno natural	2	Pendiente (-)	0,8	5	3	2	1
			Obstrucción (%)	0,7				
			Colapso del activo (-)	1				

Ficha técnica. Índice de condición de puentes

Tabla 8.0.6: Ficha técnica. Índice de condición de puentes

TIPO DE DOCUMENTO		Ficha técnica		
CARACTERÍSTICA		Integridad de los elementos de un puente		
IDENTIFICADOR		PU-PU-FT1		
INFORME TÉCNICO ASOCIADO		Definición de un índice para la integridad y funcionalidad de puentes (PU-PU-IT1)		
DESARROLLADO POR		Universidad de Concepción		
IDENTIFICADOR	NOMBRE			
PU-PU-FT1	Integridad de los elementos de un puente			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Índice de Condición de Puentes (ICP)	Adimensional	Anual		
NORMATIVAS DE REFERENCIA				
No posee normativa de referencia				
Metodología de referencia: Valenzuela et al. (2009) Proposal of an Integrated Index for Priorization of Bridge Maintenance / Austroads (2004). Guidelines for Bridge Managemet: Structure Information				
EQUIPOS DE MEDICIÓN				
Inspección Visual				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
<p>Para calcular el ICP de un puente se debe considerar tanto los elementos que aportan capacidad estructural como los que afectan sólo la serviciabilidad y seguridad, ponderando la importancia de cada uno para la estructura, enfatizando los que revisten un mayor peligro para el puente. El ICP considera el estado de los diferentes elementos de un tipo, el aporte a la estabilidad global del elemento y propensión a fallas de los diversos materiales que pueden conformar un puente. EL ICP se calcula de la siguiente manera:</p> <p>a) Se determina el Índice de Condición del Elemento (ICE) para cada elemento.</p> <p>b) Cuando un puente presente diversos elementos del mismo tipo, por ejemplo varias pilas, se deberá seleccionar como índice representativo de ese tipo de elementos al peor calificado de ellos.</p> <p>c) El ICP del puente se calcula ponderando los índices de cada elemento según su importancia en la estabilidad y seguridad de la estructura. Para esto se adaptará la metodología propuesta por la agencia de carreteras de Australia (Austroads, 2004). Se utilizan los pesos ponderados propios de cada elemento</p> <p>d) Cada peso ponderado de elemento (w_i) se multiplica por un factor determinado por el material que compone el elemento (m_i). El factor refleja la vulnerabilidad del material y el tipo de falla que puede presentar un elemento de ese material.</p> <p>e) Para calcular el ICP de cada puente se utiliza la siguiente expresión:</p> $ICP = \frac{\sum_{i=1}^n ICE_i * w_i * m_i}{\sum_{i=1}^n w_i * m_i}$ <p>Donde: ICE: Índice de Condición del Elemento w_i: Peso ponderado del elemento dentro de la estructura m_i: Factor por el material del elemento</p> <p>La evaluación de cada puentes es anual y es valida para cada mes del año, si alguno se encuentra en incumplimiento, está condición permanece mensualmente hasta que la concesionaria acredite su estado de cumplimiento, donde el elemento pasaría a estar en estado de cumplimiento por el resto del año, a menos que el inspector fiscal mediante inspecciones determine lo contrario.</p>				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Índice de Condición de puentes (Adimensional)				
[5 - 4,5[	[4,5 - 4[	[4 - 3[	[3 - 2[	[2 - 1[

Ficha técnica. Índice de condición de pasarelas

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica																									
CARACTERÍSTICA	Integridad de las pasarelas																									
IDENTIFICADOR	PA-PA-FT1																									
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un índice de condición estructural asociado a pasarelas peatonales (PA-PA-IT1)																									
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción																									
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA																								
Índice de condición estructural (ICEP)	Adimensional	Semestral																								
NORMATIVAS DE REFERENCIA																										
-																										
EQUIPOS DE MEDICIÓN																										
Inspección visual																										
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES																										
<p>La exigencia de integridad se determina en términos del índice de condición estructural de la pasarela (ICEP), el cual se determina a través de la aplicación del Check List del indicador del mismo nombre (CLICEP)</p> <p>Según el estado de arte, las pasarelas generalmente están construidas por dos elementos estructurales importantes: acero y hormigón. Debido a que cada elemento posee diferentes tipos de deterioros, se hace necesario elaborar un índice que permita cuantificar, de acuerdo al desgaste, fractura, quiebre, ausencia o fatiga del elemento en cuestión, el nivel de deterioro que puede presentar en el tiempo. A continuación, se presenta una lista de elementos de la pasarela a evaluar, este listado no es taxativo. Cada elemento de la pasarela se califica categoricamente (MB=Muy Bueno; B=Bueno; J=Justo; M=Malo; MM=Muy Malo) según la condición en la que se encuentra. En el Checklist adjunto se presentan la definición de los distintos niveles según su condición.</p>																										
Check List para el Índice de condición estructural de la pasarela																										
Parte I. Identificación estructural (instrucciones para el inspector)																										
<p>a. Columnas principales: Elementos que sostiene la estructura en sus extremos, incluyendo su cabezal que sostiene las vigas principal y cimientos.</p> <p>b. Vigas principales: Elementos que sostienen la senda peatonal en altura.</p> <p>c. Columnas secundarias: Elementos que sostienen los accesos y escalas, incluyendo su cabezal que sostiene las vigas secundarias y cimientos.</p> <p>d. Vigas secundarias: Elementos que sostienen la continuación de la senda peatonal, antes de llegar al acceso.</p> <p>e. Losa de acceso (horizontal): Elemento soportado por las vigas y columnas principales.</p> <p>f. Losa rampa de acceso (con pendiente): Elemento soportado por las vigas y columnas secundarias.</p>																										
Parte II. Deterioros del acero																										
A. Corrosión																										
<ol style="list-style-type: none"> 1. Columnas principales 2. Vigas principales 3. Columnas secundarias 4. Vigas secundarias 5. Accesos y/o escalas 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">MB</th> <th style="width: 20%;">B</th> <th style="width: 20%;">J</th> <th style="width: 20%;">M</th> <th style="width: 20%;">MM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </tbody> </table>	MB	B	J	M	MM																				
MB	B	J	M	MM																						
<p><i>*Para cuantificar el nivel de corrosión, considere: MB, sin corrosión; B, corrosión superficial; J, corrosión extensa pero no penetrante; M, corrosión extensa y penetrante en columnas y vigas secundarias; MM, corrosión extensa y/o penetrante en</i></p>																										

B. Extracción, rotura o quiebre (por impactos vehiculares u otros)						
6. Columnas principales	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
7. Columnas secundarias	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
8. Acceso y/o escalas	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
III. Deterioros del hormigón						
A. Ausencia o pérdida de hormigón						
9. Vigas principales	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
10. Vigas secundarias	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
11. Columnas principales	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
12. Columnas secundarias	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
13. Losa de acceso (horizontal)	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
14. Losa rampa de acceso (con pendiente)	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
<i>*Si visualmente no hay ausencia o pérdida de hormigón, considerad MB. A medida que se observe ausencia o pérdida de material importante, ir avanzando hasta MM, de acuerdo a criterio.</i>						
B. Fatiga o fractura						
15. Losa de acceso (horizontal)	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
16. Losa rampa de acceso (con pendiente)	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
IV. Otros deterioros***						
17. Algún elementos especial de la pasarela	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					
<i>*Las pasarelas deben considerar rampas para personas con discapacidad. No pueden solo considerar escalas. La ausencia de este elemento afecta el funcionamiento, no su integridad. Sin embargo, en algunos casos justificados existen pasarelas con solo rampas que sirven para ambos casos.</i>						
<i>**El nivel de fractura expuesto de forma ausente en estructuras de hormigón generalmente no presentan un peligro. Sin embargo, cuando se tienen fracturas y pérdidas de material en conjunto pueden significar una pérdida importante de sostén a la estructura.</i>						
<i>*** El inspector fiscal determina si es necesario agregar algún elemento especial de la pasarela que no se encuentre en el Checklist para su evaluación.</i>						
<p>Para estimar el indicador se requerirá realizar una inspección visual de los subactivos antes mencionados. Se seguirá el siguiente procedimiento: (a) Visita en terreno de la pasarela peatonal; (b) Aplicación del CLICEP, teniendo en cuenta que algunos elementos del listado pueden no encontrarse en la pasarela peatonal y, por ende, no evaluarse; (c) Registro del CLICEP en un archivo digital y (d) evaluación del índice de condición estructural.</p> <p>El valor del ICEP para cada pasarela se obtiene con la siguiente formula:</p> $ICEP = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ <p>Donde:</p> <p>ICEP= es el valor del indicador de condición estructural de pasarelas.</p> <p>x_i = es el valor numérico asociado a la condición de cada elemento de la pasarela (MB=5; B=4; J=3; M=2; MM=1)</p> <p>n =es la cantidad de elementos que tiene la pasarela analizada y que fueron evaluados.</p> <p>Este valor se compara con la escala de niveles de desempeño, obteniendose la evaluación estructural de la pasarela.</p> <p>Luego, utilizando la tabla adjunta (Porcentaje de aplicación de CLICEP), la cual considera la distribución de calificaciones de todas las pasarelas presentes en la concesión. se obtiene una calificación mensual para el activo pasarelas.</p> <p>Independiente de la calificación obtenida con el ICEP para cada pasarela, si existen elementos en mal y/o muy mal estado por más de 30 días desde su notificación, la evaluación de la respectiva pasarela será de Malo.</p>						

Además de lo anterior, si es que no se cumple alguna de las siguientes exigencias de funcionalidad, la evaluación de la respectiva pasarela será de Malo. El concesionario cuenta con tiempo de reposición para cada cumplí cada una de las exigencias, eximiéndose de la penalización.

1) Limpieza e higiene: se exige que la pasarela evaluada se encuentre limpia, libre de suciedad y basura en general, libre de rayados o graffitis y malos olores, y su pintura en buen estado.

2) Iluminación: todos los elementos de iluminación presentes en la pasarela deben encontrarse plenamente íntegros y funcionales. No puede faltar ningún elemento del sistema de iluminación, ni tampoco presentar alguna señal de deterioro como óxido, roturas, elementos sueltos, etc.

3) Superficie y acceso: la superficie debe ser antideslizante en seco y mojado, para lo cual los tratamientos aplicados sobre ésta, como los sellos de alta fricción (SAF), deben encontrarse íntegros, sin señal de desprendimiento de material o erosión o material suelto en la superficie. Adicionalmente, no pueden existir obstáculos, elementos extraños ni otras situaciones que impidan o dificulten el acceso a la pasarela o el tránsito a través de ésta, incluyendo la acumulación de nieve debiendo ser ésta removida de los accesos.

4) Drenaje: no pueden existir señales de anegamiento o encharcamiento tanto en la pasarela como en sus accesos.

5) Barandas o pasamanos: no deben presentar señales de deterioro como presencia de óxido, elementos sueltos o faltantes, etc. La superficie de estos elementos deben ser lisa, sin presentar cantos filosos o resaltos que dificulten o impidan el contacto continuo con las manos.

6) Vallas peatonales: deben encontrarse íntegras, sin aberturas o falta de elementos que permitan el paso de peatones a través de la calzada y/o la mediana. Su propósito es conducir a la gente a utilizar las pasarelas.

Los tiempos de reposición que posee el concesionario para cada exigencia son los siguientes:

- 1) Limpieza e higiene: 1 día.
- 2) Iluminación: 1 día.
- 3) Superficie y acceso: 1 día.
- 4) Drenaje: 0 días.
- 5) Barandas o pasamanos: 0 días. En situaciones fortuitas sin control por parte del concesionario y justificada por éste como accidentes de tránsito, el tiempo de reposición será de 7 días.
- 6) Vallas peatonales: 0 días. En situaciones fortuitas sin control por parte del concesionario y justificada por éste como accidentes de tránsito, el tiempo de reposición será de 7 días.

NIVELES DE DESEMPEÑO						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO		MALO	MUY MALO	
ICEP						
[5.00]	]5.00 - 4.50]	]4.50 - 4.00]		]4.00 a 2.50]	]2.50 a 1.00]	
PORCENTAJE DE APLICACIÓN DE CLICEP						
		[5.00]	]5.00 - 4.50]	]4.50 - 4.00]	]4.00 a 2.50]	]2.50 a 1.00]
CALIFICACION DEL INDICADOR	MUY BUENO	≥ 50	< 50	< 5	= 0	= 0
	BUENO	≥ 50		< 50	= 0	= 0
	JUSTO	-			= 0	= 0
	MALO	-			< 5	= 0
	MUY MALO	-			> 5	= 0
	MUY MALO	-				> 0

Ficha técnica. Índice de condición talud de corte y terraplén desprotegidos

TIPO DE DOCUMENTO		Ficha técnica								
CARACTERÍSTICA		Integridad de los Taludes de corte y terraplén								
IDENTIFICADOR		TT-TT-FT1								
INFORME TÉCNICO ASOCIADO		Definición de un indicador que evalúa la integridad de los taludes de corte y terraplén (TT-TT-IT1)								
DESARROLLADO POR		Universidad de Concepción								
INDICADOR		UNIDAD		FRECUENCIA DE MEDIDA						
Susceptibilidad y amenaza ante deslizamientos (SAD)		Adimensional - hectómetro		Anual						
NORMATIVAS DE REFERENCIA										
No posee normativa de referencia.										
Metodología de referencia: Aguayo (2011), Memoria de Título, Universidad de Concepción.										
EQUIPOS DE MEDICIÓN										
Inspección Visual										
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES										
<p>Previo a la evaluación se tiene que contar con un inventario de taludes de corte y terraplén con toda la información relevante (ubicación, altura, pendiente y lo que requiera el indicador). El indicador se mide en secciones continuas de taludes homogéneas con un largo máximo de un hectómetro, si el largo de talud es mayor, entonces se tendrá que dividir en la cantidad de hectómetros necesarios. El término "taludes homogéneas" se refiere a taludes con similares características físicas, considerando lo que requiere el indicador (tipo de talud, altura, pendiente, litología, humedad, etc.)</p> <p>Se utiliza la metodología de cálculo de la susceptibilidad y amenaza ante deslizamientos (SAD) propuesta por Aguayo (2011). Según el cual el índice SAD se calcula en base a los valores de: Pendiente(Pe), Litología(L), Erosión(E), Cobertura vegetal del suelo(CS), Humedad(H), Precipitaciones(Pr), Sismos(S) y Factores Humanos(FH), los cuales tienen valores estimados en terreno mediante inspección visual, según Aguayo (2011). Con los valores de los factores condicionantes (Pe, L, E, CS, H) y detonantes (Pr, S, FH) estimados, y por medio de las ecuaciones para corte y terraplén que se muestran a continuación, se calcula el indicador SAD para cada uno de los taludes de corte o terraplén de la ruta con una longitud máxima de un hectómetro por elemento.</p> <p>$SAD_c = 0.15 \cdot Pe + 0.15 \cdot L + 0.14 \cdot E + 0.12 \cdot CS + 0.11 \cdot H + 0.13 \cdot Pr + 0.11 \cdot S + 0.09 \cdot FH$</p> <p>$SAD_t = 0.14 \cdot Pe + 0.14 \cdot L + 0.14 \cdot E + 0.13 \cdot CS + 0.1 \cdot H + 0.12 \cdot Pr + 0.12 \cdot S + 0.09 \cdot FH$</p> <p>La evaluación de cada talud es anual y es válida para cada mes del año. Sin embargo, si el inspector fiscal, mediante la inspección visual correspondiente (asociado al indicador), detecta algún mes en incumplimiento (sección en MALO o MUY MALO), está condición permanece mensualmente hasta que la concesionaria acredite su estado de cumplimiento, cuyo estado se prolonga por el resto del año.</p>										
NIVELES DE DESEMPEÑO										
MUY BUENO		BUENO		JUSTO		MALO		MUY MALO		
Susceptibilidad y amenaza ante deslizamientos (SAD) de cada sección de talud										
[1.34 - 2.14[[2.14 - 2.94[[2.94 - 3.74[[3.74 - 4.54[> 4.54		
Porcentaje de secciones de taludes en cada categoría de SAD										
[1.34 - 2.14[[2.14 - 2.94[[2.94 - 3.74[[3.74 - 4.54[> 4.54		
Calificación del indicador	Muy Bueno		≥ 50	< 50	= 0		= 0		= 0	
	Bueno		≥ 50		< 50		= 0		= 0	
	Justo		-		-		= 0		= 0	
	Malo		-		-		< 5		= 0	
	Muy malo		-		-		> 5		= 0	
-										
> 0										

Ficha técnica. Índice de condición talud de corte y terraplén protegidos

TIPO DE DOCUMENTO			Ficha técnica		
CARACTERÍSTICA			Integridad de los elementos de protección del talud o terraplén		
IDENTIFICADOR			TT-TT-FT2		
INFORME TÉCNICO ASOCIADO			Definición de un indicador para evaluar la integridad de los elementos de protección de taludes		
DESARROLLADO POR			Universidad de Concepción		
INDICADOR		UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Hectómetros en incumplimiento		Hectómetro-día/mes	Mensual		
NORMATIVAS DE REFERENCIA					
-					
EQUIPOS DE MEDICIÓN					
Inspección visual					
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES					
<p>Se deberá mantener en buen estado todos los elementos de protección de los taludes y terraplenes del Área de Concesión. Las exigencias que deben cumplirse son las siguientes:</p> <p>a) Los elementos de protección en cortes y terraplenes que impiden que los derrumbes o rodados ingresen a las calzadas deberán estar presentes, limpios, estables y sin desaplomes, deformaciones, asentamientos o erosión.</p> <p>b) Los elementos de protección y sujeción de cortes, que evitan los derrumbes o rodados, tales como muros, rejas, gaviones, mallas de protección, etc., deben estar íntegros y bien asentados.</p> <p>Cuando se detecte el incumplimiento de cualquiera de las exigencias establecidas en las letras a) y b) se dispondrá de 3 días para subsanar el(los) incumplimiento(s).</p> <p>El cálculo del nivel de desempeño del hectómetro se estima por medio del no cumplimiento diario de la sección, según:</p> $X = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^S \alpha_{ij}$ <p>X: Días totales de no cumplimiento de secciones por mes N: Días del mes a evaluar S: Total de hectómetros en la concesión α_{ij}: Existencia de incumplimiento en el día i de la sección j</p> $\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{ij} + B_{ij} \neq 0 \\ 0 & \text{si } A_{ij} + B_{ij} = 0 \end{cases}$ $A_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si } d_{jA} - b_A \leq 0 \\ d_{jA} - b_A & \text{si } d_{jA} - b_A > 0 \end{cases}$ $B_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si } d_{jB} - b_B \leq 0 \\ d_{jB} - b_B & \text{si } d_{jB} - b_B > 0 \end{cases}$ <p>Donde: A_{ij}: No cumplimiento del valor máximo de la exigencia A en el día i de la sección j (días) d_{jA}: Días totales en que la sección j no cumple la exigencia A b_A: Tiempo de reparación permitido para la exigencia A B_{ij}: No cumplimiento del valor máximo de la exigencia B en el día i de la sección j (días) d_{jB}: Días totales en que la sección j no cumple la exigencia B b_B: Tiempo de reparación permitido para la exigencia B</p>					
NIVELES DE DESEMPEÑO					
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO	
Hectómetros en incumplimiento					
0	1	2	]2 - 4]	> 4	

Ficha técnica. Índice de condición obras protección fluvial

TIPO DE DOCUMENTO		Ficha técnica		
CARACTERÍSTICA		Integridad y Funcionalidad de las obras de protección fluvial		
IDENTIFICADOR		OPF-FT1		
INFORME TÉCNICO ASOCIADO		Definición de un indicador para evaluar la integridad y funcionalidad de obras de protección fluvial (OPF-IT1)		
DESARROLLADO POR		Universidad de Concepción		
IDENTIFICADOR	NOMBRE			
OPF-FT1	Integridad y Funcionalidad de las obras de protección fluvial			
INDICADOR		UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA	
Obras de Protección fluvial no disponibles por día		elemento/día - mes	Mensual	
NORMATIVAS DE REFERENCIA				
Numeral 3.708 "Diseño de obras de defensas fluviales" del Manual de Carreteras Volumen 3, Edición 2018				
EQUIPOS DE MEDICIÓN				
Inspección Visual				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
Se disponen las siguientes exigencias, E1: Los elementos de la protección fluvial deben estar en buen estado y limpios; Todas sus partes deberán estar completas, limpias y en buen estado. E2: Cada una de las partes de las obras de protección fluvial deben estar alineados, limpios y con todos sus elementos constitutivos correctamente instalados. Estos elementos no deben presentar soldaduras, óxido, grietas, deformaciones ni pérdidas de material. A partir de estas exigencias se estima un indicador de cumplimiento de exigencias de integridad y funcionalidad de las obras de protección fluvial, según el cual todas las exigencias deben ser cumplidas, caso en el cual la exigencia tomará un valor 1, en caso contrario, habrá un plazo de cinco (5) días para reparar y cumplir con la exigencia o esta adoptará el valor 0. El indicador se calcula según la siguiente ecuación.				
$CON_m = g \cdot n - \sum_{k=1}^g \sum_{h=1}^n \prod_{i=1}^e E_{i,h,k}$				
Donde:				
Con _m : Obras de protección fluvial no disponibles por día k en el mes m				
E _{i,h,k} : Corresponde al valor adaptado por la exigencia "i" de los elementos de la obra de protección fluvial "h", durante el día "k"				
i: Es el sub índice que representa el contador de las exigencias				
k: Es el sub índice que representa el contador de los días del mes "m"				
h: Es el sub índice que representa el contador de las obras de protección fluvial				
g: Número total de días del mes "m"				
e: Número total de exigencias definidas				
n: Número total de obras de protección fluvial				
Cuando se detecte el incumplimiento de cualquiera de las exigencias definidas, el concesionario dispondrá de cinco (5) días para subsanar el incumplimiento, previo al inicio del incumplimiento de la exigencia.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Obras de protección fluvial no disponibles por día (elemento-día/mes)				
0	1	2	4	> 7

Ficha técnica. Índice de ciclovías

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica						
CARACTERÍSTICA	Integridad y funcionalidad de ciclovías						
IDENTIFICADOR	CI-CI-FT1						
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador que evalúa la integridad y funcionalidad en las ciclovías (CI-CI-IT1)						
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción						
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA					
RMS	m/s ²	Anual					
NORMATIVAS DE REFERENCIA							
Normativa ISO 2631 sobre vibraciones verticales							
Instructivo de Inspección Visual de Caminos Pavimentados, Dirección de Vialidad.							
MÉTODOS DE REFERENCIA							
Echaveguren et al (2016). Evaluación de la condición de la superficie de rodadura de ciclovías usando aceleraciones verticales obtenidas con GPS. Revista Ingeniería de Transporte, 20(2), 153 – 166.							
EQUIPOS DE MEDICIÓN							
Acelerómetro o GPS de 10 Hz o mas (submétrico).							
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES							
La funcionalidad e integridad de la ciclovía se estima por medio de la condición de esta, mediante la inspección de baches y erosión y la medición de aceleraciones verticales. Para la medición de aceleraciones se implementa GPS o Acelerómetro en bicicleta de marco rígido y se posiciona la bicicleta en el eje de la pista. Se mide a velocidad de circulación normal en ambos sentidos. Se requiere de un mínimo de 3 repeticiones por sentido. El procesamiento de datos se realiza aplicando los siguientes pasos: (a) extracción de datos; (b) cálculo de aceleraciones verticales; (c) verificación de correlación entre velocidad longitudinal y aceleración vertical, (d) depuración de datos y acoplamiento de mediciones, (e) análisis de repetibilidad y eliminación de datos anómalos, f) cálculo del valor RMS sin singularidades. El valor del RMS se calcula e informa cada 50 m. No existe normativa de referencia para este proceso, por lo cual se utiliza como referencia el trabajo de Echaveguren et al (2016). En el caso de baches y erosión, estos no están permitidos, por lo que en caso de registrar cualquiera de estos deterioros, el nivel de desempeño de la unidad de medición se clasifica automáticamente como MALO.							
NIVELES DE DESEMPEÑO							
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO			
RMS [m/s²]							
[0.00-0.20]	]0.20 - 0.34]	]0.34 - 0.49]	]0.49 a 0.60]	> 0.60	
Porcentaje de secciones dentro de cada rango							
	[0.00-0.20]	]0.20 - 0.34]	]0.34 - 0.49]	]0.49 a 0.60]	> 0.60
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50]0.0, 5.0]	= 0	= 0	
	Bueno	≥ 50		< 50	= 0	= 0	
	Justo	100%					
	Malo	-]0.0, 5.0]	= 0	= 0
	Muy malo	-			> 5.0	= 0	= 0
	-					> 0	

Ficha técnica. Índice de condición de aceras

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Integridad y funcionalidad de aceras	
IDENTIFICADOR	VS-AC-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador que evalúa la integridad y funcionalidad de aceras (VS-AC-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de aceras	50 metros	Mensual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
-		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
Regla normalizada.		
Inspección visual.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
<p>Se debe verificar el cumplimiento de las siguientes exigencias:</p> <p>E1: El escalonamiento no debe superar los 20 mm en cualquier dirección de la vereda o pasillo.</p> <p>E2: La pérdida de material o saltadura no debe ser mayor a 25 cm² por paño o losa.</p> <p>E3: El ancho máximo de grietas no debe superar los 6 mm.</p> <p>E4: El ancho máximo de juntas no debe superar los 20 mm.</p> <p>E5: No debe haber más de dos trozos por paño o losa.</p> <p>E6: No deben haber soleras sueltas, faltantes, quebradas o con algún grado de deterioro en su estructura.</p> <p>E7: Las barreras de segregación no deben estar chocadas, ni abatidas. No deben presentar corrosión, falta de pintura o deterioro de alguno de sus elementos.</p> <p>E8: No deben haber armaduras expuestas al aire.</p> <p>E9: Las veredas deberán estar limpias y libres de vegetación y de elementos que obstruyan la circulación.</p> <p>E10: No deben existir áreas con sedimentos o charcos de agua con diámetros mayores a 30 cm.</p>		

Se considera dentro de la evaluación, todas las veredas del área de concesión, tanto de las vías de servicio, accesos a paraderos, pasarelas peatonales e intersecciones y cualquier elemento que se encuentre dentro del diseño.
<p>Periodicidad de la medición:</p> <p>De la exigencia E1 a E4 la periodicidad es Anual.</p> <p>De la exigencia E5 a E10 la periodicidad es Mensual.</p>
<p>Plazo de reposición:</p> <p>De la exigencia E1 a E7 el plazo de reposición es 3 días.</p> <p>De la exigencia E8 a E10 el plazo de reposición es 24 horas.</p>
Cada sección de 50 metros de acera deberá cumplir con todas las exigencias a la vez durante la inspección. En caso de no cumplirse una o más de las exigencias, el concesionario deberá corregir los problemas en los tiempos de reposición indicados anteriormente, de lo contrario, la sección se declara en estado de incumplimiento.
$ICA_m = \sum_{k=1}^g \sum_{h=1}^n I_{h,k}$
<p>Donde:</p> <p>ICA_m: Aceras no disponibles por día "k" en el mes "m".</p> <p>$I_{h,k}$: Es la variable que representa el estado de incumplimiento del medio hectómetro de acera (50 metros) "h" en el día "k". Adopta el valor 1 si la sección es declarada en estado de incumplimiento en dicho día, en caso contrario adopta el valor 0.</p> <p>k: Es el sub índice que representa el contador de los días del mes "m".</p> <p>h: Es el sub índice que representa el contador de los medio hectómetro (50 metros) fijos.</p> <p>g: Número total de días del mes "m".</p> <p>n: Número total de medio hectómetro (50 metros) fijos.</p>

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Aceras no disponibles por día (50 metros-día/mes)				
0	1	2	[2 - 4]	> 4

Ficha técnica. Integridad pantallas acústicas

TIPO DE DOCUMENTO		Ficha técnica		
CARACTERÍSTICA		Integridad y funcionalidad de pantallas acústicas		
IDENTIFICADOR		PAC-PAC-FT1		
INFORME TÉCNICO ASOCIADO		Definición de un indicador que evalúa integridad y funcionalidad de barreras acústicas (PAC-PAC-IT1)		
DESARROLLADO POR		Universidad Técnica Federico Santa María		
INDICADOR		UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA	
Número de fallas mensuales en exigencias de integridad y funcionalidad de pantallas acústicas		50 metros-día	Mensual	
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Inspección visual.				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
Se deben verificar las siguientes exigencias de integridad y funcionalidad para todas las barreras acústicas dentro del área de concesión:				
a) Presencia: las barreras deberán estar presentar en su ubicación original, según el EAI Referencial, el estudio de ruido realizado por el Concesionario y la RCA.				
b) Limpieza: la barrera debe encontrarse limpia, sin rayados ni graffitis en ella.				
c) Sin daños: la barrera debe estar libre de grietas y huecos.				
El indicador se define como número de incumplimientos mensuales de integridad de barreras acústicas:				
$IBA = \sum_{i=1}^d \sum_{j=i}^n I_{i,j}$				
donde:				
IBA: Número de incumplimientos mensuales de las exigencias de integridad de barreras acústicas.				
$I_{i,j}$: Corresponde al valor de los incumplimientos de integridad, para el hectómetro "j", en el día "i".				
i : Es el sub índice que representa el contador de los días del mes.				
j : Es el sub índice que representa el contador de los hectómetros fijos con barreras acústicas.				
d : Número total de días del mes.				
n : Número total de hectómetros fijos con barreras acústicas.				
Una vez que se detecte el incumplimiento de una(s) de la(s) exigencia(s) el concesionario dispondrá de los siguientes plazos de restauración para subsanarla(s):				
a) Presencia: no hay plazo de restauración.				
b) Limpieza: 1 día.				
c) Daños: 14 días.				
Durantes el plazo de restauración el activo será registrado en estado de "cumplimiento". Si al terminar el plazo de restauración el activo sigue incumpliendo una(s) de la(s) exigencia(s), éste será registrado en estado de "incumplimiento".				
NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BIEN	BIEN	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [50 metros-día]				
0	1	2	3	≥4

Ficha técnica. Índice de condición peaje manual

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Integridad de sistema de peaje manual			
IDENTIFICADOR	SP-SP-FT2			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador para evaluar integridad del sistema de peaje de cobro presencial (SP-SP-IT2)			
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Indicador de integridad del peaje con cobro presencial (IFPE)	Adimensional	Mensual		
NORMATIVAS DE REFERENCIA				
-				
EQUIPOS DE MEDICIÓN				
Inspección visual				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
<p>La exigencia de integridad se determina en términos del indicador de integridad del Peaje (IPE), el cual se determina a través de la aplicación del Check List del indicador del mismo nombre (CLIFE)</p> <p>Según el estado de arte, los peajes con casetas de cobro presencial deben estar provistos como mínimo de los siguientes subactivos (los cuales afectan directamente al usuario):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Casetas de peajes - Iluminación del área de peaje <p>No se incluyen activos que pueden ser revisados directamente en otras fichas técnicas, como por ejemplo el estado del pavimento o la demarcación tanto de áreas de aproximación como de áreas de partida.</p> <p>Para estimar el indicador se requerirá realizar una inspección visual de los subactivos antes mencionados. Se seguirá el siguiente procedimiento: (a) Visita en terreno del peaje; (b) Aplicación del CLIFE; (c) Registro del CLIFE en un archivo digital y (d) evaluación del indicador IPE.</p>				
<p>Check List para el Indicador de integridad del peaje con cobro presencial</p>				
<p>Casetas de peaje de cobro presencial</p>				
<p>A. Integridad</p>				
<p>1. Estado general de la estructura de la caseta <i>*Estructura visualmente aceptable, BIEN; Presencia de oxidación y pérdida de material en zona estructural, JUSTO; Grandes pérdidas de material estructural y oxidación permanente, MALO</i></p>	<p>BUENO JUSTO MALO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; height: 20px;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> </table>			
<p>2. Estado general de la techumbre - estructura - cimiento del peaje <i>*Estructura visualmente aceptable, BIEN; Presencia de oxidación y pérdida de material en zona estructural, JUSTO; Grandes pérdidas de material estructural y oxidación permanente, MALO</i></p>	<p>BUENO JUSTO MALO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; height: 20px;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> </table>			
<p>3. Estado general de la barrera de detención de la isla de peaje <i>*Estructura visualmente aceptable, nunca impactada, BIEN; Estructura en buen estado, pero con falta de mantención, JUSTO; Pérdida estructural evidente de la barra por algún impacto y sin reposición, MALO</i></p>	<p>BUENO JUSTO MALO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; height: 20px;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> </table>			
<p>4. Iluminación general de la isla de peaje <i>*Iluminación de las casetas operativas en buenas condiciones, BIEN; intermitencia del suministro eléctrico, JUSTO; sin iluminación, MALO</i></p>	<p>BUENO JUSTO MALO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; height: 20px;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> </table>			
<p>5. Otros elementos <i>El inspector fiscal puede decir la incorporación de los elementos que estime conveniente evaluar.</i></p>	<p>BUENO JUSTO MALO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; height: 20px;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> </table>			

Se evalúa el indicador comparando su valor con los niveles de desempeño propuestos. El valor del indicador IFPE se determina con la tabla 1.1 del informe técnico y se calcula:

$$IPE = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

IPE= Valor del indicador integridad del peaje presencial.

X_i = Valor que representa la condición en que se encuentran los ítems evaluados en cada peaje presencial (Bueno=3; Justo=2; Malo=1).

n = Cantidad de peajes presenciales en la concesión.

Para evaluar el indicador a nivel de la carretera, se compara la distribución de resultados con la tabla propuesta adjunta, siendo esta evaluación válida por el mes.

Si inspector fiscal en el día de la evaluación o durante el transcurso del mes, encuentra algún elemento en estado de incumplimiento (MALO según el CLIPFE), el concesionario dispondrá de los siguientes plazos de reposición para subsanarlo:

Estructura de la caseta = 30 días plazo de reposición

Techumbre-estructura-cimiento del peaje = 30 días plazo de reposición

Barrera de detención isla de peaje = 7 días plazo de reposición

Iluminación área de peaje = 1 día plazo de reposición

En caso de que no se cumplan los plazos de reposición para el elemento afectado, independiente de lo que arroje el CLIPFE, el indicador de integridad del peaje con cobro presencial (IFPE) pasa a estar a MALO o MUY MALO (lo que queda a criterio del inspector fiscal) mensualmente hasta que el inspector fiscal registre dicho elemento en estado de cumplimiento (no MALO según CLIFPE).

NIVELES DE DESEMPEÑO						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
IFPE						
[3.00]	]3.00 - 2.75]	]2.75 - 2.50[	]2.50 a 2.0[	]2.00 a 1.00]		
PORCENTAJE DE APLICACIÓN DE CLIPE						
	[3.00]	]3.00 - 2.50]	]2.50 - 2.00]	]2.00 a 1.50]	]1.50 a 1.00]	
CALIFICACION DEL INDICADOR	MUY BUENO	≥ 50	< 50	< 5	= 0	= 0
	BUENO	≥ 50		< 50	= 0	= 0
	JUSTO	-			= 0	= 0
	MALO	-			<5	= 0
	MUY MALO	-			>5	= 0
	MUY MALO	-					> 0

Ficha técnica. Índice de condición free flow

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Integridad del sistema de telepeaje o free-flow	
IDENTIFICADOR	SP-SF-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador que evalúa integridad de sistemas de telepeajes o free flow (SP-SF-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Indicador de integridad y funcionalidad del telepeaje o free flow	Adimensional	Mensual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
-		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Inspección visual		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La exigencia de integridad se determina en términos del indicador de integridad del telepeaje o free flow , el cual se determina a través de la aplicación del Check List del indicador (CLIT).		
Según el estado de arte, los telepeajes o sistemas free flow deben estar provistos como mínimo de los siguientes subactivos: - Estructura portante - Sistema TRX - Iluminación en área de telepeaje No se incluyen en esta lista, activos que se miden con otros indicadores, por ejemplo: - Pavimentación y demarcación de área de aproximación. - Pavimentación y demarcación de área de recuperación.		
Para estimar el indicador se requerirá realizar una inspección visual de los subactivos antes mencionados. Se seguirá el siguiente procedimiento: (a) Visita en terreno del peaje o telepeaje; (b) Aplicación del CLIT, según Checklist adjunto; (c) Registro del CLITAG en un archivo digital y (d) evaluación del indicador a nivel de carretera ECLIT .		
Check List para el Indicador de integridad del Telepeaje o Free flow		
Sistema telepeaje		
Integridad		
1. Estado general de la estructura que protege el sensor TRX	BUEN ESTADO	MAL ESTADO
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<i>*Estructura visualmente aceptable, BIEN; Presencia de oxidación y pérdida de material en zona estructural, JUSTO; Grandes pérdidas de material estructural y oxidación permanente, MALO</i>		
2. Estado general de la estructura viga que sostiene el telepeaje	BUEN ESTADO	MAL ESTADO
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<i>*Estructura visualmente aceptable, BIEN; Presencia de oxidación y pérdida de material en zona estructural, JUSTO; Grandes pérdidas de material estructural y oxidación permanente, MALO</i>		
3. Estado general de la estructura pilar que sostiene el telepeaje	BUEN ESTADO	MAL ESTADO
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<i>*Estructura visualmente aceptable, BIEN; Presencia de oxidación y pérdida de material en zona estructural, JUSTO; Grandes pérdidas de material estructural y oxidación permanente, MALO</i>		
4. Estado general de la estructura cimiento que sostiene el telepeaje	BUEN ESTADO	MAL ESTADO
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<i>*Estructura visualmente aceptable, BIEN; Presencia de oxidación y pérdida de material en zona estructural, JUSTO; Grandes pérdidas de material estructural y oxidación permanente, MALO</i>		
5. Iluminación adecuada en zona de telepeaje	BUEN ESTADO	MAL ESTADO
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<i>*Iluminación de zona en buenas condiciones, BIEN; intermitencia del suministro eléctrico, JUSTO; sin iluminación, MALO</i>		

<p>Se considera en mal estado cuando un ítem permanece en esta condición por más tiempo que el de restauración permita, esta condición se contabiliza diariamente hasta que sea subsanada.</p> <p>Tiempos de restauración por ítem:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 7 días 2. 7 días 3. 7 días 4. 7 días 5. 1 día 				
<p>Para la evaluación de cada sistema de telepeaje o freeflow se tiene la siguiente fórmula:</p> $CLIT_j = \sum_{d=1}^m \prod_{i=1}^n estado_{i,d}$ <p>Donde:</p> <p>CLIT j = días en que el elemento j se encuentra en mal estado durante el mes (1= Buen estado ; 0 = Mal estado). estado i,d = es la condición del ítem i en el día d (1= Buen estado ; 0 = Mal estado). i = número del ítem evaluado. n = cantidad de ítems evaluados. m = números de días del mes evaluado. j = número del sistema de free flow evaluado.</p>				
<p>La evaluación a nivel de carretera se obtiene comparando el resultado de la siguiente fórmula con la escala de niveles de desempeño propuesto:</p> $ECLIT = \sum_{j=1}^a CLIT_j$ <p>Donde:</p> <p>ECLIT = cantidad de días elementos en mal estado en el mes analizado CLIT j = evaluación del sistema de free flow j (1= Buen estado ; 0 = Mal estado) j = número del sistema de free flow evaluado. m = cantidad de sistemas free flow.</p>				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [Elementos / días]				
0	1	2	3	≥ 4