

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES

**DESARROLLO DE UN MODELO PARA EVALUAR EL NIVEL DE
SERVICIO DE CARRETERAS INTERURBANAS
CONCESIONADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO**

RICARDO OCTAVIO MUÑOZ BUSTOS

Ingeniero Civil

Magíster en Ciencias de la Ingeniería Civil

Enero de 2019

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES

DESARROLLO DE UN MODELO PARA EVALUAR EL NIVEL DE
SERVICIO DE CARRETERAS INTERURBANAS
CONCESIONADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO

Memoria de Título y Tesis de Grado presentada por
RICARDO OCTAVIO MUÑOZ BUSTOS

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

Diciembre de 2019

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco

TÍTULO DE LA TESIS

DESARROLLO DE UN MODELO PARA EVALUAR EL NIVEL DE SERVICIO DE CARRETERAS INTERURBANAS CONCESIONADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO

AUTOR

RICARDO OCTAVIO MUÑOZ BUSTOS

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, diciembre de 2019.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco

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.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco

Resumen

Desde el punto de vista de los usuarios de carreteras, las vías concesionadas son percibidas como aquellas que deben tener un alto estándar. Los conductores pagan por el servicio y están dispuestos a hacerlo si mejora su calidad de vida, por lo tanto, esperan que este sea superior al que reciben por transitar en vías libres de pago. Además, los estándares de servicio exigidos por los usuarios han ido aumentando a través de los años, demandando actualmente niveles de calidad de servicio mucho más altos. Consecuente con el aumento de las expectativas por parte de los usuarios de carreteras concesionadas, es necesario avanzar en la definición de acuerdos explícitos de servicios a comprometer ante los usuarios, que deben ser incorporados durante toda la vida útil de los proyectos, desde la planificación de la inversión y de las obras, pasando por la ejecución de estos y particularmente en la etapa de explotación. En este contexto, el presente trabajo de tesis pretende desarrollar un modelo que permita evaluar, durante la etapa de explotación, el nivel de servicio prestado a los usuarios que transitan por vías concesionadas.

En primer lugar, se realiza una recopilación y análisis bibliográfico a nivel nacional e internacional, que permite definir conceptualmente el modelo, en el que la calificación global de nivel de servicio depende de atributos intangibles demandados por los usuarios (comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad, otros) a los que se les denomina “valores en juego”. Al mismo tiempo, se identifican los aspectos que son posibles de mejorar en los modelos utilizados actualmente en las vías concesionadas en Chile. Esto permite definir algunas tareas específicas que se deben desarrollar en el contexto del nuevo modelo propuesto.

Para definir la estructura del modelo, se realiza la vinculación entre subactivos y activos viales, y luego entre activos viales y valores en juego. Para esto es necesario generar un listado de activos/subactivos viales presentes en carreteras interurbanas concesionadas, de los cuales se seleccionan aquellos que poseen características que tienen una influencia directa en la experiencia de viaje de los usuarios que transitan por la vía. Por ejemplo, el activo vial plataforma incluye el subactivo calzada, y este a su vez posee características relevantes tales como la regularidad longitudinal y la resistencia al deslizamiento del pavimento, que influyen en la comodidad y seguridad de los usuarios respectivamente. En definitiva, la estructura del modelo de nivel de servicio a los usuarios es: característica relevante de evaluar (ej. regularidad longitudinal del pavimento), subactivo vial (ej. calzada), activo vial (ej. plataforma), valor en juego (ej. comodidad) y calificación global.

Se definen los ponderadores de importancia de los denominados “valores en juego”, para lo cual se adapta la información recopilada por la encuesta de satisfacción de usuarios de obras viales concesionadas realizada por la Dirección General de Obras Públicas, de donde se obtiene que la importancia relativa de los valores en juego para los usuarios de carreteras interurbanas concesionadas son: comodidad (25 %), seguridad (40 %), movilidad y accesibilidad (30 %), otros (5 %). Además, se definen los ponderadores de importancia que vinculan características relevantes con los subactivos viales, subactivos con activos viales y por último activos viales con valores en juego, para lo cual se utiliza el criterio de expertos viales recogido a través de una encuesta basada en la metodología Analytic Hierarchy Process. La definición de ponderadores dentro del modelo de nivel de servicio, permite establecer cuáles son los elementos que tienen mayor influencia en la experiencia de viaje de los usuarios, y por lo tanto, es una herramienta para que el administrador de la carretera oriente su gestión de manera eficiente.

Se desarrollan indicadores técnicos que permiten evaluar objetivamente las características relevantes que influyen en la satisfacción de los usuarios y que están incorporadas en el modelo de nivel de servicio propuesto. Por ejemplo, se determina el indicador técnico más apropiado para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento, que es una característica que influye en la comodidad de los usuarios. La definición de dicho indicador técnico contempla el equipo, frecuencia y protocolo de medición, algoritmos de cálculo y un protocolo de calificación global del indicador que permita definir el desempeño (muy bueno, bueno, justo, malo, muy malo).

Se desarrolla una metodología de cálculo del nivel de servicio, donde se define el protocolo de reporte de calificaciones categóricas (muy malo, malo, justo, bueno, muy bueno) y numéricas (de 0.000 a 1.000), para indicadores técnicos, subactivos y activos viales, valores en juego y la calificación global de nivel de servicio. Además, se presenta un análisis de sensibilidad que permite visualizar la influencia de los indicadores técnicos según su nivel de importancia.

Se definen propuestas genéricas, adaptables para cada proyecto en particular, que permiten establecer incentivos/penalizaciones utilizando como herramienta el modelo de nivel de servicio propuesto. Por ejemplo, el modelo permite valorizar desempeños superiores a los mínimos exigidos, por lo tanto, es posible proponer incentivos si es que las calificaciones globales de nivel de servicio siguen una determinada distribución. Por otro lado, el seguimiento temporal del desempeño de los indicadores técnicos, permite proponer penalizaciones en función del nivel de importancia y calificación categórica del indicador y según el valor en juego involucrado.

Por último, se simula el modelo de nivel de servicio propuesto a casos reales en Chile, para lo cual se utilizan datos de tres carreteras interurbanas concesionadas en operación (zona norte, zona centro y zona sur), los cuales requieren de un proceso de adaptación al formato de evaluación de los indicadores técnicos que forman parte del modelo. La simulación permite sensibilizar las exigencias definidas para los indicadores técnicos y visualizar los resultados globales entregados por el modelo propuesto aplicado a casos reales.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco

Abstract

From the road users' perspective, concessioned roads are perceived as those that must have a high standard. Drivers pay for the service and are willing to do so if their quality of life improves, therefore, they expect it to be higher than what they receive for transit on free-of-charge roads. Besides, the service problems demanded by users have been increasing over the years, currently demanding much higher service quality levels. Also, the service standards demanded by users have been increasing over the years, currently demanding much higher levels of service quality. Consistent with the increase in expectations by concessioned roads users', it is necessary to advance in the definition of explicit service agreements to be committed to the users, which must be incorporated throughout the useful life of projects, from the planning of the investment and works, going through the execution of these and particularly in the exploitation stage. In this context, this thesis work intends to develop a model that allows evaluating, during the exploitation stage, the level of service provided to users who transit through concessioned roads.

First, a collection and bibliographic analysis are carried out at national and international level, which allows the model to be defined conceptually, in which the overall service level rating depends on intangible attributes demanded by users (comfort, security, mobility and accessibility, others) which are called "value at stake". At the same time, the aspects that are possible to improve in the models currently used in the concessioned roads in Chile are identified. This allows defining some specific tasks that must be developed in the context of the proposed new model.

To define the model structure, the link is made between sub-assets and road assets, and then between road assets and values at stake. For this, it is necessary to generate a list of road assets / sub-assets present on concessioned interurban roads, from which those that have characteristics that directly influence the travel experience of the users traveling through the road are selected. For example, the road asset platform includes the sub-asset roadway, and this, in turn, has relevant characteristics such as longitudinal regularity and pavement skid resistance, which influence the comfort and safety of the users respectively. In short, the service level model to users is: relevant feature to evaluate (e.g. longitudinal regularity of the pavement), road sub-asset (e.g. roadway), road asset (e.g. platform), value at stake (e.g. comfort) and overall rating.

The importance weights of the so-called “values at stake” are defined, for which the information collected by the user satisfaction survey of concessioned road works is adapted. From this, it is obtained that the relative importance of the values at stake for the users of concessioned interurban roads is: comfort (25 %), safety (40 %), mobility and accessibility (30 %), others (5 %). Also, importance weights are defined that link relevant characteristics with road sub-assets, sub-assets with road assets and finally road assets with values at stake, for which the criteria of road experts, collected through a survey based on the Analytic Hierarchy Process methodology, is used.

Technical indicators are developed that allow objectively assessing the relevant characteristics that influence user satisfaction and that are incorporated into the proposed service level model. For example, the most appropriate technical indicator is determined to assess the longitudinal regularity of the pavement, which is a characteristic that influences the comfort of the users. The definition of said technical indicator includes the equipment, frequency and measurement protocol, calculation algorithms and a global qualification protocol for the indicator that allows defining the performance (very good, good, fair, bad, very bad).

A methodology for calculating the level of service is developed, which defines the protocol for reporting categorical grades (very bad, bad, fair, good, very good) and numerical (from 0,000 to 1,000), for technical indicators, sub-assets and road assets, values at stake and the overall service level rating. Besides, a sensitivity analysis is presented that allows visualizing the influence of technical indicators according to their level of importance.

Generic proposals are defined, adaptable for each particular project, which allow established incentives/penalties using the proposed service level model as a tool. For example, the model allows valuing performances above the minimum required, therefore, it is possible to propose incentives if the global service level qualifications follow a certain distribution. On the other hand, the temporary monitoring of technical indicators performance allows proposing penalties based on the level of importance and categorical rating of the indicator and according to the value at stake involved.

Finally, the service level model proposed is simulated to real cases in Chile, for which data from three concessioned interurban highways in operation (north zone, central zone, and south zone) are used, which require an adaptation process to the evaluation format of the technical indicators that are part of the model. The simulation allows to sensitize the requirements defined for the technical indicators and visualize the global results submitted by the proposed model applied to real cases.

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco

Contenido

Agradecimientos	VII
Resumen	IX
Abstract	XII
Contenido	XIX
Índice de figuras	XX
Índice de tablas	XXVI
Introducción	1
1. Definición conceptual de modelo de nivel de servicio a los usuarios	4
1.1. Revisión del estado del arte y de la práctica en evaluación de carreteras por nivel de servicio	5
1.1.1. Europa	5
1.1.2. Oceanía - Asia	7
1.1.3. Norteamérica	9
1.1.4. Latinoamérica	11
1.1.4.1. Uruguay	11
1.1.4.2. Perú	11
1.1.4.3. Chile	12
1.2. Análisis comparativo	16
1.2.1. Grado de avance en el desarrollo de metodologías para aplicar el concepto de nivel de servicio	16
1.2.2. Objetivos estratégicos considerados en la evaluación de la gestión vial	17
1.2.3. Nivel de identificación de las necesidades demandadas por los usuarios que transitan por la vía	18
1.2.4. Tipos de activos y/o indicadores incluidos en la evaluación del nivel de servicio	19
1.2.5. Nivel de agregación de los indicadores para evaluar el servicio prestado a los usuarios	23

2. Modelo propuesto para evaluar el nivel de servicio a los usuarios	24
2.1. Valores en juego	26
2.2. Activos viales, subactivos viales y características considerados por el modelo	26
2.2.1. Comodidad	26
2.2.2. Seguridad	30
2.2.3. Movilidad y accesibilidad	35
2.2.4. Otros	36
2.3. Ponderadores de importancia del modelo de nivel de servicio	37
2.4. Indicadores técnicos para evaluar características de interés para los usuarios	38
2.5. Metodología de cálculo de nivel de servicio	41
2.5.1. Calificación a nivel de indicador técnico	41
2.5.2. Calificaciones para subactivos, activos, valor en juego y nivel de servicio global	42
3. Caso de estudio	44
3.1. Análisis de sensibilidad del modelo de nivel de servicio (caso teórico)	45
3.1.1. Configuración de datos de entrada y determinación de calificaciones categóricas	45
3.1.2. Cálculo de ponderadores	45
3.1.3. Definición de niveles de importancia de indicadores técnicos	45
3.1.4. Asignación de nivel de servicio	45
3.1.5. Ejemplo de cálculo de nivel de servicio	46
3.2. Definición de ponderadores de importancia del modelo de nivel de servicio	50
3.2.1. Ponderadores de valores en juego	51
3.2.1.1. Estudios analizados	51
3.2.1.2. Propuesta de ponderadores de valores en juego	59
3.2.2. Ponderadores de activos/subactivos viales y características relevantes	62
3.2.2.1. Ponderadores de activos/subactivos y características que influyen en la comodidad y seguridad del usuario	63
3.2.2.2. Ponderadores de activos/subactivos y características que influyen en la movilidad del usuario	79
3.2.2.3. Ponderadores de activos/subactivos y características que influyen en el valor en juego “otros”	80
3.3. Desarrollo de indicador técnico para evaluar una característica de interés para los usuarios	82
3.3.1. Parámetros técnicos para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento .	83
3.3.2. Equipos de medición para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento	86
3.3.3. Especificaciones a nivel mundial del parámetro técnico seleccionado	89
3.3.3.1. Chile	89
3.3.3.2. España	93
3.3.3.3. Estados Unidos	99
3.3.3.4. Europa, Asia y Oceanía.	105
3.3.3.5. Consideraciones para la medición y el cálculo de IRI	110
3.3.4. Propuesta para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento	118
3.3.4.1. Parámetro técnico	118

3.3.4.2.	Equipo de medición	118
3.3.4.3.	Longitud de evaluación	119
3.3.4.4.	Metodología de cálculo	119
3.3.4.5.	Escala de valores de IRI	120
3.3.4.6.	Consideraciones adicionales	122
3.3.4.7.	Ficha técnica	123
3.4.	Propuesta para definir incentivos y penalizaciones utilizando el modelo de nivel de servicio	125
3.4.1.	Marco conceptual utilizado en BALI actuales	126
3.4.1.1.	Relación entre el Índice de Servicio Prestado (ISP) y el Incentivo por Desempeño Operacional (IDO)	126
3.4.1.2.	Relación entre el Índice de Servicio Prestado (ISP) y el Costo por Desempeño Operacional (CDO)	126
3.4.1.3.	Definición del Saldo del Fondo al Desempeño operacional (SALDO_FDO)	126
3.4.1.4.	Definición de causales de incumplimiento grave de las obligaciones del concesionario	127
3.4.2.	Análisis del marco conceptual utilizado en BALI actuales	128
3.4.2.1.	CDO y causas de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria	128
3.4.2.2.	IDO	132
3.4.3.	Propuesta para determinar el CDO	134
3.4.4.	Propuesta para definir causales de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria	136
3.4.5.	Propuesta para determinar el IDO	137
3.5.	Aplicación del modelo a 3 carreteras interurbanas en etapa de explotación	138
3.5.1.	Determinación de calificaciones categóricas de indicadores técnicos	138
3.5.1.1.	Regularidad transversal en pavimento flexible	142
3.5.2.	Determinación de calificaciones numéricas globales de nivel de servicio	156
3.5.2.1.	Selección de años a evaluar para cada concesión	156
3.5.2.2.	Calificación numérica global mensual de nivel de servicio	158
4.	Conclusiones	169
	Referencias	174
	Apéndices	183
A.	Regularidad longitudinal del pavimento	183
A.1.	Parámetros técnicos para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento	183
A.1.1.	Present Serviceability Index (PSI)	183
A.1.2.	Índice de Perfil (PI)	184
A.1.3.	Ride Number (RN)	186

A.1.4.	International Roughness Index (IRI)	187
A.1.5.	Mean Roughness Index (MRI) – Half Car Roughness Index (HRI)	191
A.1.6.	Truck Ride Index (TRI)	193
A.1.7.	Profile Index for Truck (PI_t)	193
A.1.8.	Pavement Quality Index (PQI)	193
A.1.9.	Heavy Articulated Truck Index (HATI)	194
A.1.10.	Vehicle Response Index (VRI)	194
A.2.	Equipos para medir la regularidad longitudinal del pavimento	195
A.2.1.	Nivel y mira topográfica	195
A.2.2.	Perfilógrafos	196
A.2.3.	MERLIN	197
A.2.4.	Equipos tipo respuesta	198
A.2.5.	Perfilómetros inerciales	199
A.2.5.1.	Perfilómetros inerciales de alta velocidad.	200
A.2.5.2.	Perfilómetros inerciales livianos	201
A.2.6.	Perfilómetro pivotante (Dipstick)	202
A.2.7.	Walking Profiler	204
A.2.8.	Medición de regularidad en tiempo real (solo para pavimentos de hormigón)	205
A.2.9.	Revisión de normativa internacional de equipos de medición	207
A.2.9.1.	Banco Mundial	207
A.2.9.2.	Norma ASTM E-950	210
A.2.9.3.	Norma Tex-1001-S	214
B.	Indicadores técnicos del modelo de nivel de servicio	216
B.1.	Mean Roughness Index (MRI)	216
B.2.	Overall Sound Intensity Level	246
B.3.	Aceleración ponderada en puentes	248
B.4.	Uniformidad longitudinal de la iluminación exterior	250
B.5.	Uniformidad longitudinal de iluminación en túneles	255
B.6.	Índice de condición de paraderos	256
B.7.	Índice de condición de áreas de servicio	258
B.8.	Rut Depth	260
B.9.	SFC equivalente	274
B.10.	Índice de condición de bermas	282
B.11.	Índice de condición de SAP	284
B.12.	Índice de condición de mediana	286
B.13.	Luminancia media - Uniformidad global de la iluminación exterior	288
B.14.	Índice de condición de señalización vertical preventiva y reglamentaria	291
B.15.	Índice de condición de demarcaciones planas	297
B.16.	Índice de condición de demarcaciones elevadas	303
B.17.	Índice de condición de barreras de contención	308
B.18.	Índice de condición de amortiguadores de impacto	313
B.19.	Índice de condición de pistas de emergencia	315

B.20.Índice de condición de sistemas de citofonía de emergencia	316
B.21.Tiempo de respuesta frente a una contingencia y/o emergencia	321
B.22.Índice de condición de señalización variable	325
B.23.Luminancia media - Uniformidad global en túneles	326
B.24.Concentración de monóxido de carbono en túneles	327
B.25.Concentración de dióxido de nitrógeno en túneles	331
B.26.Opacidad en túneles	333
B.27.Índice de condición de pantallas antideslumbrantes	338
B.28.Índice de condición de cercos y portones	339
B.29.Aumento en los tiempos medios de viaje	344
B.30.Índice de condición de señalización vertical informativa	350
B.31.Porcentaje diario de atención telefónica	356
B.32.Porcentaje diario de atención telefónica oportuna	357
B.33.Porcentaje mensual de atención presencial oportuna	358
B.34.Porcentaje mensual de respuestas emitidas oportunamente	359
B.35.Porcentaje mensual de coherencia de la información entregada	360
B.36.Porcentaje mensual de disponibilidad página web	361
B.37.Porcentaje mensual de disponibilidad oficina atención	362
B.38.Porcentaje mensual de disponibilidad del canal telefónico	363
B.39.Porcentaje mensual de facturas emitidas	364
B.40.Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios físicos	365
B.41.Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos	366
B.42.Índice de limpieza general	367
B.43.Índice de condición de áreas bajo pasos inferiores	369
C. Calificación categórica de indicadores técnicos evaluados	370
C.1. Concesión Norte	370
C.2. Concesión Centro	371
C.3. Concesión Sur	372

Índice de figuras

1.1.1.Modelo de nivel de servicio Concesión mejoramiento Ruta G-21.	13
2.0.1.Eschema conceptual del modelo de nivel de servicio prestado al usuario que transita por la vía.	25
2.2.1.Estructura del valor en juego “comodidad”.	29
2.2.2.Estructura del valor en juego “seguridad”.	33
2.2.3.Estructura del valor en juego “seguridad” (continuación).	34
2.2.4.Estructura del valor en juego “movilidad y accesibilidad”.	35
2.2.5.Estructura del valor en juego “otros”.	36
2.4.1.Ejemplo de ficha técnica para evaluar una característica de interés para los usuarios.	40
2.5.1.Protocolo para obtener calificaciones numéricas de componentes del modelo.	43
3.2.1.Eschema conceptual del modelo de nivel de servicio a los usuarios.	50
3.2.2.Preferencias al viajar dadas por los encuestados.	51
3.2.3.Ponderadores de valores en juego, obtenidos en base a los resultados de COPSA (2016).	52
3.2.4.Carreteras interurbanas concesionadas consideradas en la encuesta.	53
3.2.5.Importancia relativa de atributos (en porcentaje).	56
3.2.6.Ponderadores de valores en juego obtenidos en base a MOP-DGOP (2016c).	58
3.2.7.Ponderadores de valores en juego en base a COPSA (2016).	59
3.2.8.Ponderadores de valores en juego en base a MOP-DGOP (2016).	60
3.2.9.Ponderadores de valores en juego.	61
3.2.10Eschema conceptual del modelo de nivel de servicio prestado al usuario que transita por la vía.	62
3.2.11Ponderadores de activos que influyen en la comodidad del usuario.	69
3.2.12Ponderadores de características que influyen en la comodidad del usuario.	70
3.2.13Ponderadores de activos viales que influyen en la seguridad.	70
3.2.14Ponderadores de subactivos viales que influyen en la seguridad.	71
3.2.15Ponderadores de indicadores que influyen en la seguridad.	72
3.2.16Eschema conceptual del valor en juego “comodidad”.	73
3.2.17Eschema conceptual del valor en juego “seguridad”.	76
3.2.18Eschema conceptual del valor en juego “seguridad” (continuación).	77
3.2.19Eschema conceptual del valor en juego “movilidad y accesibilidad”.	79

3.2.2	Esquema de componentes del valor en juego “otros”	80
3.3.1.	Especificaciones de índices basados en IRI para (a) Pavimentos asfálticos y (b) Pavimentos de hormigón	99
3.3.2.	Comparación de incentivos/desincentivos según especificaciones de IRI.	102
3.3.3.	Comparación de umbrales de IRI para carreteras nuevas o reconstruidas en función de la longitud del segmento de evaluación	107
3.3.4.	Comparación de umbrales de IRI para carreteras en operación, según la longitud del segmento de evaluación.	109
3.3.5.	Variación en el valor del IRI según la longitud de evaluación.	114
3.3.6.	Simulación de una junta de construcción (caso 1)	116
3.3.7.	Simulación de una junta de construcción (caso 2)	116
3.3.8.	Simulación de un bache de 10 m de longitud mal cerrado	117
3.3.9.	Escala de valores de IRI.	120
3.3.10	Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.	123
3.3.11	Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento (continuación).	124
3.5.1.	Ficha técnica para evaluar la regularidad transversal del pavimento	142
3.5.2.	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	142
3.5.3.	Protocolo de calificación global del indicador.	143
3.5.4.	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	144
3.5.5.	Protocolo de calificación global del indicador.	145
3.5.6.	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	147
3.5.7.	Protocolo de calificación global del indicador.	148
3.5.8.	Protocolo de calificación global del indicador.	148
3.5.9.	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	149
3.5.10	Protocolo de calificación global del indicador.	150
3.5.11	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	152
3.5.12	Protocolo de calificación global del indicador.	153
3.5.13	Protocolo de calificación global del indicador.	153
3.5.14	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	154
3.5.15	Protocolo de calificación global del indicador.	155
3.5.16	Protocolo de calificación global del indicador.	155
3.5.17	Distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión sur.	164
3.5.18	Calificación numérica mensual de nivel de servicio en la concesión sur.	165
3.5.19	Distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión centro.	167
3.5.20	Calificación numérica mensual de nivel de servicio en la concesión centro.	167
3.5.21	Distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión norte.	168
3.5.22	Calificación numérica mensual de nivel de servicio en la concesión norte.	168
A.1.1	Línea de perfil suavizada	184
A.1.2	Procedimiento de medición de irregularidades	185

A.1.3	Modelo “Quarter-Car” para el cálculo de IRI	188
A.1.4	Modelo “Half Car”.	191
A.2.1	Mira y nivel	195
A.2.2	Perfilógrafo California	196
A.2.3	Diagrama del perfilómetro estático MERLIN	197
A.2.4	Sistema tipo respuesta	198
A.2.5	Componentes del perfilómetro inercial	199
A.2.6	Esquema de Operación del Sensor Láser y el Acelerómetro en un Perfilómetro inercial	199
A.2.7	Perfilómetro inercial de alta velocidad	200
A.2.8	Perfilómetro inercial liviano	201
A.2.9	Equipo dipstick	202
A.2.10	Operación de equipo Dipstick	203
A.2.11	Operación de equipo Walking Profiler	204
A.2.12	Equipo para medir en tiempo real la regularidad en pavimentos de hormigón.	206
A.2.13	Escala de valores de IRI	208
B.1.1	Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.	216
B.1.2	Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento (continuación).	217
B.1.3	Protocolo de calificación global del indicador.	217
B.1.4	Protocolo de calificación para cada sección de 1 km de la carretera.	219
B.1.5	Protocolo de calificación global del indicador.	220
B.1.6	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	222
B.1.7	Protocolo de calificación global del indicador.	223
B.1.8	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	225
B.1.9	Protocolo de calificación global del indicador.	226
B.1.10	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	228
B.1.11	Protocolo de calificación global del indicador.	229
B.1.12	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	231
B.1.13	Protocolo de calificación global del indicador.	232
B.1.14	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	234
B.1.15	Protocolo de calificación global del indicador.	235
B.1.16	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	237
B.1.17	Protocolo de calificación global del indicador.	238
B.1.18	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	240
B.1.19	Protocolo de calificación global del indicador.	241
B.1.20	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	243
B.1.21	Protocolo de calificación global del indicador.	244
B.2.1	Ficha técnica para evaluar el nivel de ruido de rodadura.	246
B.2.2	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	247
B.2.3	Protocolo de calificación global del indicador.	247
B.3.1	Ficha técnica para evaluar las vibraciones en el tablero de puentes.	248
B.3.2	Protocolo de calificación para cada puente de la carretera.	249
B.3.3	Protocolo de calificación global del indicador.	249

B.4.1	Ficha técnica para evaluar la uniformidad longitudinal de la iluminación exterior.	250
B.4.2	Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.	250
B.4.3	Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.	251
B.4.4	Señal de control para evaluar la uniformidad longitudinal de la iluminación exterior.	251
B.5.1	Ficha técnica para evaluar la uniformidad longitudinal de iluminación en túneles.	255
B.5.2	Protocolo de calificación global del indicador.	255
B.6.1	Ficha técnica para evaluar la funcionalidad de paraderos.	256
B.6.2	Protocolo de calificación global del indicador.	257
B.7.1	Ficha técnica para evaluar la funcionalidad e integridad de las áreas de servicio.	258
B.7.2	Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.	259
B.7.3	Protocolo de calificación global del indicador.	259
B.8.1	Ficha técnica para evaluar la regularidad transversal del pavimento	260
B.8.2	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	260
B.8.3	Protocolo de calificación global del indicador.	261
B.8.4	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	262
B.8.5	Protocolo de calificación global del indicador.	263
B.8.6	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	265
B.8.7	Protocolo de calificación global del indicador.	266
B.8.8	Protocolo de calificación global del indicador.	266
B.8.9	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	267
B.8.10	Protocolo de calificación global del indicador.	268
B.8.11	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	270
B.8.12	Protocolo de calificación global del indicador.	271
B.8.13	Protocolo de calificación global del indicador.	271
B.8.14	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	272
B.8.15	Protocolo de calificación global del indicador.	273
B.8.16	Protocolo de calificación global del indicador.	273
B.9.1	Ficha técnica para evaluar la resistencia al deslizamiento del pavimento	274
B.9.2	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	274
B.9.3	Protocolo de calificación global del indicador.	275
B.9.4	Protocolo de calificación global del indicador.	277
B.9.5	Protocolo de calificación global del indicador.	277
B.9.6	Protocolo de calificación global del indicador.	279
B.9.7	Protocolo de calificación global del indicador.	279
B.9.8	Protocolo de calificación global del indicador.	281
B.9.9	Protocolo de calificación global del indicador.	281
B.10.	Ficha técnica para evaluar la condición general de bermas.	282
B.10.	Protocolo de calificación global del indicador.	283
B.11.	Ficha técnica para evaluar la condición del SAP.	284
B.11.	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	285
B.11.	Protocolo de calificación global del indicador.	285
B.12.	Ficha técnica para evaluar el desnivel de la mediana.	286
B.12.	Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.	287

B.12.	Protocolo de calificación global del indicador.	287
B.13.	Ficha técnica para evaluar la luminancia media y la uniformidad global de la iluminación exterior.	288
B.13.	Protocolo de calificación para cada grilla.	289
B.13.	Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.	289
B.13.	Señal de control para evaluar la luminancia media y la uniformidad global de la iluminación exterior	290
B.14.	Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de la señalización vertical.	291
B.14.	Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de la señalización vertical (continuación).	292
B.14.	Protocolo de calificación global del indicador.	292
B.14.	Ejemplo de información histórica de concesiones para señales verticales preventivas y reglamentarias.	293
B.15.	Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las demarcaciones planas.	297
B.15.	Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las demarcaciones planas (continuación).	298
B.15.	Ejemplo de información histórica de concesiones para demarcaciones planas.	299
B.16.	Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de la demarcación elevada.	303
B.16.	Ejemplo de información histórica de concesiones para demarcaciones elevadas.	304
B.16.	Protocolo de calificación para la carretera.	304
B.17.	Ficha técnica para evaluar la funcionalidad e integridad de barreras de contención.	308
B.17.	Ejemplo de información histórica de concesiones para barreras de contención.	309
B.18.	Ficha técnica para evaluar el desempeño de los amortiguadores de impacto.	313
B.18.	Protocolo de calificación global del indicador.	314
B.19.	Ficha técnica para evaluar la funcionalidad de las pistas de emergencias.	315
B.20.	Ficha técnica para evaluar el sistema de citofonía de emergencia (SOS).	316
B.20.	Ejemplo de información histórica de concesiones para sistema de citofonía de emergencia.	317
B.20.	Ejemplo de información histórica de concesiones para sistema de citofonía de emergencia.	317
B.21.	Ficha técnica para evaluar el tiempo de respuesta frente a contingencias y/o emergencias.	321
B.21.	Ejemplo de información histórica de concesiones para asistencia en ruta.	322
B.21.	Protocolo de calificación global del indicador.	323
B.21.	Protocolo de calificación global del indicador.	324
B.22.	Ficha técnica para evaluar la señalización variable.	325
B.23.	Ficha técnica de luminancia media-uniformidad global en túneles.	326
B.24.	Ficha técnica para evaluar la concentración de monóxido de carbono en túneles.	327
B.24.	Protocolo de calificación para cada túnel de la carretera.	327
B.24.	Protocolo de calificación global del indicador.	328
B.24.	Ejemplo de información histórica de concesiones para concentraciones de monóxido de carbono.	329
B.24.	Protocolo de calificación global del indicador.	330

B.25.Ficha técnica para evaluar la concentración de dióxido de nitrógeno en túneles.	331
B.25. Protocolo de calificación para cada túnel de la carretera.	331
B.25. Protocolo de calificación global del indicador.	332
B.26.Ficha técnica para evaluar la opacidad en túneles.	333
B.26. Protocolo de calificación para cada túnel de la carretera.	333
B.26. Protocolo de calificación global del indicador.	334
B.26. Ejemplo de información histórica de concesiones para opacidad en túneles.	335
B.26. Protocolo de calificación global del indicador.	336
B.27.Ficha técnica para evaluar la integridad y funcionalidad de barreras antideslumbrantes.	338
B.27. Protocolo de calificación global del indicador.	338
B.28.Ficha técnica para evaluar la integridad y funcionalidad de cercos y portones.	339
B.28. Protocolo de calificación del indicador.	339
B.28. Ejemplo de información histórica de concesiones para cercos y portones.	340
B.29.Ficha técnica para evaluar los aumentos en los tiempos de viaje.	344
B.29. Ficha técnica para evaluar los aumentos en los tiempos de viaje (continuación).	345
B.29. Ficha técnica para evaluar cada tramo de la carretera.	345
B.29. Protocolo de calificación global del indicador.	346
B.29. Ejemplo de patrón de tiempos de viaje tramo 1 de marzo-diciembre.	347
B.29. Evaluación indicador por bloque horario y diaria para el mes de mayo 2018 del tramo 1.	348
B.30.Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las señales verticales informativas.	350
B.30. Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las señales verticales (continua- ción).	351
B.30. Protocolo de calificación global del indicador.	351
B.30. Ejemplo de información histórica de concesiones para señales verticales informativas.	352
B.31.Ficha técnica para evaluar el desempeño de la atención telefónica.	356
B.32.Ficha técnica para evaluar el nivel el desempeño de la atención telefónica oportuna.	357
B.33.Ficha técnica para evaluar el desempeño de la atención presencial oportuna.	358
B.34.Ficha técnica para evaluar el desempeño de las respuestas emitidas oportunamente.	359
B.35.Ficha técnica para evaluar el desempeño en la coherencia de la información entregada.	360
B.36.Ficha técnica para evaluar la disponibilidad de la página web.	361
B.37.Ficha técnica para evaluar la disponibilidad de las oficinas de atención.	362
B.38.Ficha técnica para evaluar la disponibilidad del canal telefónico.	363
B.39.Ficha técnica para evaluar el desempeño de las facturas emitidas.	364
B.40.Ficha técnica para evaluar el desempeño de las facturas despachadas oportunamente por medios físicos.	365
B.41.Ficha técnica para evaluar el desempeño de las facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos.	366
B.42.Ficha técnica para evaluar la limpieza del área de concesión.	367
B.42. Ficha técnica para evaluar la limpieza del área de concesión (continuación).	368
B.43.Ficha técnica para evaluar el nivel de ruido de rodadura.	369

Índice de tablas

1.1.1.Ponderadores de importancia (Adaptado de MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a).	12
1.1.2.Exigencias de pavimentos (MOP, 2018a).	14
1.1.3.Nivel de cumplimiento del estándar de servicio (MOP, 2018a).	15
1.2.1.Listado general de activos y subactivos viales relevantes en la gestión de una carretera.	20
1.2.2.Características relevantes de activos/subactivos viales.	21
2.5.1.Calificación numérica de un determinado indicador técnico en función de su calificación categórica.	41
2.5.2.Penalización del indicador técnico en función de su nivel de importancia y calificación categórica.	42
2.5.3.Calificación categórica en función de la calificación numérica.	43
3.1.1.Indicadores técnicos considerados para el análisis de sensibilidad.	46
3.1.2.Calificación global de nivel de servicio al modificar la calificación categórica de indicadores técnicos.	48
3.1.3.Calificación numérica de cada valor en juego bajo el escenario E1.	49
3.2.1.Ficha técnica de Estudio prospectivo sobre infraestructura concesionada (COPSA, 2016).	51
3.2.2.Atributos de satisfacción medidos (MOP-DGOP, 2016c).	54
3.2.3.Atributos de satisfacción medidos (continuación).	55
3.2.4.Matriz de vinculación entre atributos específicos y valores en juego.	57
3.2.5.Escala fundamental AHP (Thomas L. Saaty, 1990)	63
3.2.6.Análisis comparativo entre regularidad longitudinal del pavimento y ruido de la interacción neumático-pavimento.	64
3.2.7.Ejemplo de análisis comparativo entre características que influyen en la comodidad del usuario.	64
3.2.8.Matriz de comparación de activos que influyen en la comodidad del usuario.	65
3.2.9.Análisis comparativo entre regularidad longitudinal del pavimento y ruido de la interacción neumático-pavimento.	65
3.2.10Matriz de comparación de activos que influyen en la seguridad del usuario.	67
3.2.11Matriz de comparación de subactivos de plataforma que influyen en la seguridad del usuario.	68
3.2.12Análisis comparativo entre fricción y ahuellamiento de pavimento.	68

3.3.1. Ventajas y desventajas de los parámetros técnicos utilizados para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.	84
3.3.2. Ventajas y desventajas de los equipos de medición para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.	87
3.3.3. Partidas sometidas a controles receptivos de IRI (Adaptado de MOP 2018d).	89
3.3.4. Multas por incumplimiento de umbrales de IRI en controles receptivos (MOP, 2018d)	91
3.3.5. Umbrales y consideraciones de IRI según bases de licitación en Chile. (MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a)	92
3.3.6. Requisitos de Índice de Regularidad Longitudinal (IRI) para pavimentos de nueva construcción (Ministerio de Fomento, 2018).	93
3.3.7. Requisitos de Índice de Regularidad Longitudinal (IRI) para pavimentos rehabilitados estructuralmente (Ministerio de Fomento, 2018).	93
3.3.8. Frecuencia de medida, valores máximos y tiempos máximos para penalidad (Ministerio de Fomento, 2007).	94
3.3.9. Criterio de regularidad longitudinal requerido para la ampliación del plazo concesional (adaptado de Quiralte, C. D., & Soliño, A. S., 2007).	95
3.3.10. Requisitos de regularidad longitudinal del pavimento en la Concesión CV-35 Valencia (Adaptado de Monzón Hernández, 2017)	96
3.3.11. Penalización o bonificación según el valor de IRI. (Adaptado de Monzón Hernández 2017)	96
3.3.12. Resumen de longitudes de segmentos informados en las especificaciones basadas en IRI (Merritt, Chang, and Rutledge, 2015)	100
3.3.13. Resumen de especificaciones de rugosidad localizada basadas en IRI (Merritt, Chang, and Rutledge, 2015)	104
3.3.14. Valores de IRI admisibles en controles receptivos de nuevas carreteras en Suecia (Adaptado de Trafikverket, 2014)	107
3.3.15. Resumen de especificaciones de perfiles longitudinales para calcular el IRI	111
3.3.16. Niveles de desempeño para secciones de 50 m y 1 km.	121
3.3.17. Propuesta para determinar la calificación categórica global del indicador técnico.	122
3.4.1. Relación ISP-CDO (Adaptado de MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a).	126
3.4.2. Análisis de sensibilidad del ISP y el CDO.	129
3.4.3. Relación entre IDO máximo alcanzable respecto del ITC (elaborado a partir de MOP 2016b).	133
3.4.4. Factor de categoría del indicador técnico $(FC)_i$ en función de su nivel de importancia y su respectiva calificación categórica.	134
3.4.5. Ponderadores de importancia $(\delta)_i$ de los valores en juego.	134
3.4.6. IDO según la distribución de niveles de desempeño durante la etapa de explotación.	137
3.5.1. Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	144
3.5.2. Protocolo de calificación global del indicador.	146
3.5.3. Calificación global del indicador ahuellamiento.	146
3.5.4. Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	147
3.5.5. Calificación global del indicador ahuellamiento.	148

3.5.6.Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	149
3.5.7.Protocolo de calificación global del indicador.	150
3.5.8.Calificación global del indicador ahuellamiento.	151
3.5.9.Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	152
3.5.10Calificación global del indicador ahuellamiento.	153
3.5.11Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	154
3.5.12Calificación global del indicador ahuellamiento.	155
3.5.13Resumen de la información existente en la concesión norte.	157
3.5.14Resumen de la información existente en la concesión centro.	157
3.5.15Resumen de la información existente en la concesión sur.	157
3.5.16Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2015).	158
3.5.17Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2016).	158
3.5.18Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2017).	158
3.5.19Calificación categórica de los indicadores técnicos (mayo 2016, concesión sur).	159
3.5.20Calificación numérica global de nivel de servicio (mayo 2016, concesión sur) al modificar la calificación categórica de indicadores técnicos.	161
3.5.21Calificación numérica global de nivel de servicio de la concesión sur (mayo 2016) al modificar la calificación categórica de los indicadores I_7 e I_9 .	162
3.5.22Calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de la concesión sur.	163
3.5.23Calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de la concesión centro.	166
3.5.24Calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de la concesión norte.	166
A.2.1Requerimientos de muestreo longitudinal y resolución vertical según ASTM E950	210
A.2.2Requerimientos de precisión según ASTM E950	212
A.2.3Requerimientos de exactitud según ASTM E950	213
B.1.1Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.	219
B.1.2Protocolo de calificación global del indicador.	220
B.1.3Calificación global del indicador IRI Promedio.	221
B.1.4Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.	222
B.1.5Protocolo de calificación global del indicador.	223
B.1.6Calificación global del indicador IRI Promedio.	224
B.1.7Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Puntual.	225
B.1.8Protocolo de calificación global del indicador.	226
B.1.9Calificación global del indicador IRI Puntual.	227

B.1.1	Calificación global del indicador IRI.	227
B.1.1	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.	228
B.1.1	Protocolo de calificación global del indicador.	229
B.1.1	Calificación global del indicador IRI Promedio.	230
B.1.1	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.	231
B.1.1	Protocolo de calificación global del indicador.	232
B.1.1	Calificación global del indicador IRI Promedio.	233
B.1.1	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Puntual.	234
B.1.1	Protocolo de calificación global del indicador.	235
B.1.1	Calificación global del indicador IRI Puntual.	236
B.1.2	Calificación global del indicador IRI.	236
B.1.2	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.	237
B.1.2	Protocolo de calificación global del indicador.	238
B.1.2	Calificación global del indicador IRI Promedio.	239
B.1.2	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.	240
B.1.2	Protocolo de calificación global del indicador.	241
B.1.2	Calificación global del indicador IRI Promedio.	242
B.1.2	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Puntual.	243
B.1.2	Protocolo de calificación global del indicador.	244
B.1.2	Calificación global del indicador IRI Puntual.	245
B.1.3	Calificación global del indicador IRI.	245
B.4.1	Cantidad de luminaria-día de falla.	253
B.4.2	Calificaciones global del indicador de uniformidad longitudinal de la iluminación.	253
B.4.3	Cantidad de luminaria-día de falla.	254
B.4.4	Calificaciones categóricas de la uniformidad longitudinal de la iluminación.	254
B.8.1	Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	262
B.8.2	Protocolo de calificación global del indicador.	263
B.8.3	Calificación global del indicador ahuellamiento.	264
B.8.4	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	265
B.8.5	Calificación global del indicador ahuellamiento.	266
B.8.6	Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	267
B.8.7	Protocolo de calificación global del indicador.	268
B.8.8	Calificación global del indicador ahuellamiento.	269
B.8.9	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	270
B.8.1	Calificación global del indicador ahuellamiento.	271

B.8.1	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.	272
B.8.1	Calificación global del indicador ahuellamiento.	273
B.9.1	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de SFC equivalente.	276
B.9.2	Calificación global del indicador SFC equivalente.	277
B.9.3	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de SFC equivalente.	278
B.9.4	Calificación global del indicador SFC equivalente.	279
B.9.5	Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de SFC equivalente.	280
B.9.6	Calificación global del indicador SFC equivalente.	281
B.14.	Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias.	294
B.14.	Protocolo de calificación para la carretera.	294
B.14.	Calificación global para el indicador de señales verticales preventivas y reglamentarias.	294
B.14.	Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias.	295
B.14.	Protocolo de calificación para la carretera.	295
B.14.	Calificación global para el indicador de señales verticales preventivas y reglamentarias.	295
B.14.	Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias.	296
B.14.	Protocolo de calificación para la carretera.	296
B.14.	Calificación global para el indicador de señales verticales preventivas y reglamentarias.	296
B.15.	Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.	298
B.15.	Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.	300
B.15.	Protocolo de calificación para la carretera.	300
B.15.	Calificación global para el indicador de demarcaciones planas.	300
B.15.	Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.	301
B.15.	Protocolo de calificación para la carretera.	301
B.15.	Calificación global para el indicador de demarcaciones planas.	301
B.15.	Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.	302
B.15.	Protocolo de calificación para la carretera.	302
B.15.	Calificación global para el indicador de demarcaciones planas.	302
B.16.	Cantidad de secciones no disponibles de demarcación elevada.	305
B.16.	Protocolo de calificación para la carretera.	305
B.16.	Calificación global para el indicador de demarcaciones elevadas.	305
B.16.	Cantidad de secciones no disponibles de demarcación elevada.	306
B.16.	Protocolo de calificación para la carretera.	306
B.16.	Calificación global para el indicador de demarcación elevada.	306
B.16.	Cantidad de secciones no disponibles de demarcación elevada.	307
B.16.	Protocolo de calificación para la carretera.	307
B.16.	Calificación global para el indicador de demarcación elevada.	307

B.17.Cantidad de barreras de contención no disponibles por día.	310
B.17.Protocolo de calificación para la carretera.	310
B.17.Calificación global para el indicador de barreras de contención.	310
B.17.Cantidad de barreras de contención no disponibles por día.	311
B.17.Protocolo de calificación para la carretera.	311
B.17.Calificación global para el indicador de barreras de contención.	311
B.17.Cantidad de barreras de contención no disponibles por día.	312
B.17.Protocolo de calificación para la carretera.	312
B.17.Calificación global para el indicador de barreras de contención.	312
B.20.Número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencia.	318
B.20.Protocolo de calificación para la carretera.	318
B.20.Calificación global del indicador de citofonía de emergencia.	318
B.20.Número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencia.	319
B.20.Protocolo de calificación para la carretera.	319
B.20.Calificación global del indicador de citofonía de emergencia.	319
B.20.Número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencia.	320
B.20.Protocolo de calificación para la carretera.	320
B.20.Calificación global del indicador de citofonía de emergencia.	320
B.21.Porcentaje de eventos dentro de cada rango de tiempo de respuesta, año 2017.	323
B.21.Porcentaje de eventos dentro de cada rango de tiempo de respuesta, año 2018.	323
B.21.Calificación global del indicador de asistencia en ruta.	323
B.21.Porcentaje de eventos dentro de cada rango de tiempo de respuesta, año 2017.	324
B.21.Porcentaje de eventos dentro de cada rango de tiempo de respuesta, año 2018.	324
B.21.Calificación global del indicador de asistencia en ruta.	324
B.24.Cantidad de días con evaluación categórica según niveles de CO.	330
B.24.Calificación global del indicador de concentración de CO.	330
B.26.Cantidad de días con evaluación categórica según niveles de opacidad.	336
B.26.Calificación global del indicador de opacidad.	337
B.28.Número de fallas mensuales en exigencias de integridad y funcionalidad de cercos y portones.	341
B.28.Protocolo de calificación para la carretera.	341
B.28.Calificación global para el indicador de cercos y portones.	341
B.28.Número de fallas mensuales en exigencias de integridad y funcionalidad de cercos y portones.	342
B.28.Protocolo de calificación para la carretera.	342
B.28.Calificación global para el indicador de cercos y portones.	342
B.28.Número de fallas mensuales en exigencias de integridad y funcionalidad de cercos y portones.	343
B.28.Protocolo de calificación para la carretera.	343
B.28.Calificación global para el indicador de cercos y portones.	343
B.29.Resultados del indicador mensual para tres tramos de la concesión	349
B.30.Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales informativas.	353
B.30.Protocolo de calificación para la carretera.	353

B.30.	Calificación global del indicador de señales verticales informativas.	353
B.30.	Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales informativas.	354
B.30.	Protocolo de calificación para la carretera.	354
B.30.	Calificación global del indicador de señales verticales informativas.	354
B.30.	Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales informativas.	355
B.30.	Protocolo de calificación para la carretera.	355
B.30.	Calificación global del indicador de señales verticales informativas.	355
C.1.1	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión norte (año 2014).	370
C.1.2	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión norte (año 2015).	370
C.1.3	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión norte (año 2016).	371
C.2.1	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión centro (año 2014).	371
C.2.2	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión centro (año 2015).	371
C.2.3	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión centro (año 2016).	371
C.3.1	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2015).	372
C.3.2	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2016).	372
C.3.3	Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2017).	372

Introducción

A nivel mundial, la gestión de infraestructura vial está transitando desde un modelo de gestión de obras, donde se especifica cómo construir y qué materiales utilizar, hacia un enfoque basado en el desempeño, en el que se utilizan métricas objetivas para evaluar el servicio prestado por una determinada vía. Este último enfoque se denomina “Nivel de Servicio” y permite gestionar de manera eficiente el cumplimiento de los objetivos estratégicos involucrados en la operación de una carretera. Además, incentiva la incorporación de nuevas tecnologías que puedan entregar el servicio requerido a un menor costo, lo que potencialmente puede mejorar los ingresos de los contratistas así como disminuir el precio final de las obras para el mandante.

En Chile, existen bases de licitación de carreteras concesionadas que incorporan conceptos vinculados al nivel de servicio, pero que presentan aspectos metodológicos que pueden ser mejorados. Además, dado el contexto de dichas carreteras, en las que los usuarios poseen expectativas crecientes y pagan por el servicio, se hace necesario definir un modelo apropiado que integre los conceptos de nivel de servicio y que esté enfocado en aquellos aspectos que son de particular interés para los usuarios que transitan por dichas carreteras. En este contexto, la presente investigación representa el primer avance específico en la definición de un modelo enfocado exclusivamente en los usuarios, y por lo tanto, se ha acotado el alcance del mismo a carreteras interurbanas concesionadas, de modo que esto pueda sentar las bases para construir nuevos modelos aplicables al caso urbano y eventualmente a otras vías libres de pago.

El presente trabajo de tesis se estructura en tres capítulos. En el capítulo 1, se realiza una recopilación y análisis bibliográfico a nivel nacional e internacional que permite definir la estructura conceptual del modelo. Al mismo tiempo, se identifican los aspectos que son posibles de mejorar en los modelos utilizados en las bases de licitación de carreteras concesionadas en Chile, de modo de abordarlas en el nuevo modelo propuesto. En el capítulo 2, se presenta el modelo propuesto para evaluar el nivel de servicio a los usuarios. Se define la distribución de todos sus elementos constitutivos y se desarrolla una metodología de cálculo de nivel de servicio. Por último, en el capítulo 3, se aplica a casos particulares el modelo general presentado en el capítulo previo. Se incluye: un análisis de sensibilidad teórico, determinación de ponderadores de importancia, desarrollo de un indicador técnico para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento, desarrollo de una propuesta genérica para establecer incentivos/penalizaciones, aplicación del modelo propuesto a tres carreteras interurbanas chilenas en etapa de explotación. Por último, en el capítulo 4 se presentan las conclusiones y se establecen futuras líneas de investigación.

Hipótesis

El Nivel de Servicio prestado a los usuarios de carreteras concesionadas, se cuantifica a partir de los atributos intangibles que los usuarios perciben como descriptores de la calidad de servicio de una carretera y cómo estos se relacionan con el desempeño de los activos viales físicos provistos por la sociedad concesionaria.

Objetivos

Objetivo general:

- Desarrollar un modelo para evaluar el nivel de servicio de carreteras interurbanas concesionadas desde el punto de vista del usuario, como herramienta de gestión para la infraestructura vial en Chile.

Objetivos específicos:

- Conceptualizar un modelo de nivel de servicio a los usuarios, que integre y vincule los intereses particulares de dichos usuarios y los elementos que pueden ser evaluados durante la etapa de explotación de una carretera interurbana concesionada.
- Desarrollar un procedimiento de cálculo de nivel de servicio que permita generar reportes de calificaciones tanto en una escala numérica como categórica.
- Aplicar el modelo de nivel de servicio propuesto, utilizando datos de 3 carreteras interurbanas concesionadas chilenas en etapa de explotación.

Capítulo 1

Definición conceptual de modelo de nivel de servicio a los usuarios

El presente capítulo, tiene por objetivo definir la estructura conceptual del modelo de nivel de servicio a los usuarios. Por lo tanto, se configura de la siguiente forma:

- En la sección 1.1, se presenta una síntesis de la revisión bibliográfica, a nivel nacional e internacional, del estado del arte y de la práctica en la evaluación de carreteras por nivel de servicio, incluyendo Europa, Oceanía-Asia, Norteamérica y Latinoamérica.
- En la sección 1.2, se realiza un análisis comparativo de los estudios revisados en la sección 1.1.

1.1. Revisión del estado del arte y de la práctica en evaluación de carreteras por nivel de servicio

1.1.1. Europa

El concepto tradicional de gestión de infraestructura vial se basa en la conservación del patrimonio, pero desde fines de los años 90, en Europa se ha ido incorporando la idea que la gestión de carreteras debe enfocarse en cada una de las partes interesadas. Talvitie (1999) propone indicadores para cuantificar el desempeño de la carretera desde la perspectiva de 3 participantes: el usuario motorizado, el estado y la administración. En España (Comisión de Transportes CICCIP, 2005) se propone considerar dos partes interesadas: el usuario motorizado y el estado, para el primero se busca satisfacer sus expectativas y para el segundo se busca conservar adecuadamente su patrimonio. También existen estudios y bases de licitación en donde se sigue evaluando la conservación del patrimonio vial principalmente, pero incorporando en cierta medida la opinión de los usuarios mediante encuestas de satisfacción (COST, 2008; Ministerio de Fomento, 2008).

Es posible obtener una evaluación del nivel de servicio que entrega una carretera, a las distintas partes interesadas, con distintos niveles de generalidad, desde una calificación individual por cada activo vial que forme parte de la carretera (Talvitie, 1999; Ministerio de fomento, 2008), hasta una calificación a nivel global de la carretera a partir de la evaluación de distintos activos (Comisión de Transportes CICCIP, 2005; COST, 2008; Instituto MAPFRE, 2000).

El tipo y cantidad de activos viales que se evalúan mediante un modelo de nivel de servicio es variable según la parte interesada a la cual se enfoca (usuario motorizado, estado, administración, comunidad aledaña y medioambiente, entre otros). En la mayoría de ellos se evalúa el pavimento como activo principal, existiendo propuestas en donde solo se evalúa este, mediante indicadores de sus deterioros (COST, 2008). En el estudio realizado por Talvitie (1999) además del pavimento se evalúa el sistema de iluminación. En España (Ministerio de Fomento, 2008) se agregan activos tales como: taludes, iluminación, elementos de seguridad, túneles, puentes, barreras y elementos de contención, cada uno de ellos con su indicadores de desempeño respectivos.

También existen indicadores que no están relacionados explícitamente con activos viales, pero que de igual forma son necesarios para obtener una evaluación completa del servicio prestado, tales como, porcentaje de la población expuestas a niveles de ruido por sobre 65 decibeles (Talvitie, 1999), porcentaje de la población expuestas a emisiones de gases por sobre la normativa (Talvitie, 1999), atención de incidentes y accidentes (Ministerio de Fomento, 2008), entre otros. Los dos primeros indicadores están relacionados tanto a la comunidad aledaña como al medioambiente, que se consideran de gran importancia para lograr una evaluación integral del sistema, pero que es de difícil aplicación debido a falta de profundización en el tema (COST, 2008).

Países como España, Finlandia, Hungría, Noruega, Portugal y Reino Unido (Fernández, J. A. E., & Villar, J. P. S., 2016) incorporan en sus contratos más actuales de concesiones viales indicadores para evaluar la seguridad vial, los cuales están sujetos a incentivos por buen desempeño, por ejemplo, bonificaciones monetarias o aumento del periodo de concesión.

El nivel de servicio busca incorporar, mediante indicadores, las necesidades y expectativas de los usuarios que transitan por la vía. Para ello se necesita conocer la opinión de los mismos, la que se recoge a partir de encuestas de satisfacción, las cuales evalúan la conformidad e importancia que los usuarios le otorgan a los distintos aspectos y servicios que esta presta. De algunas encuestas revisadas, se desprenden los siguientes resultados:

- En España el orden de importancia (decreciente) que el usuario le otorga a las prestaciones de la carretera es el siguiente: seguridad, rapidez, comodidad, información y servicios complementarios (Instituto MAPFRE, 2000).
- En el estudio realizado por COST (2008), en el cual se incorpora tanto la opinión de los usuarios como la de expertos, el orden de importancia (decreciente) es: seguridad, comodidad, condición del pavimento y medioambiente.
- En Inglaterra el atributo más importante para el usuario que transita por la vía es el tiempo de viaje, el resto de atributos que pudiese entregar la carretera les importa si es que estos inciden en el tiempo de viaje (Transport Focus, 2017).
- En el estudio realizado por MAPFRE (2000) el orden de importancia (decreciente) de los aspectos que influyen en la seguridad de una carretera es el siguiente: pavimento, trazado y sección, señalización, equipamiento adicional, servicios en carretera y medioambiente. Queda abierta la posibilidad de realizar un trabajo similar para los demás servicios de la carretera (rapidez, comodidad, entre otros).
- En el estudio desarrollado por Talvitie (1999), se identificaron indicadores vinculados a los usuarios en aspectos como la seguridad, movilidad y accesibilidad, equidad, entre otros.

1.1.2. Oceanía - Asia

La consulta a la comunidad es fundamental para la gestión de activos viales, ya que mejora los procesos de toma de decisiones y facilita la capacidad de respuesta a las necesidades de los usuarios y la comunidad en general. Por ello, Austroads realizó el estudio “Community consultation process and methods for quantifying community expectations on the levels of service for road networks” (Austroads, 2006), el cual describe un proceso de consulta a la comunidad para el desarrollo de los niveles de servicio y los criterios de intervención para las actividades de mantenimiento y mejora. Este proceso incluye etapas externas (aquellas que incluyen a los usuarios de la carretera y las partes interesadas) y etapas internas (que incluyen solo a la agencia). Es de naturaleza iterativa, es decir, es un ciclo continuo de aprendizaje, el cual se va perfeccionando a medida que se realizan iniciativas como esta.

En 2009 Austroads publicó una recopilación de documentos de gestión de activos viales llamado “Guide to Asset Management” (Austroads, 2009), el cual se utiliza como base en Australia y Nueva Zelanda para que cada agencia gestione sus carreteras. La guía evalúa, mediante indicadores de desempeño, los activos de la carretera que se dividen en tres niveles: pavimentos, estructuras (puentes y túneles) y activos relacionados a la carretera (iluminación, demarcaciones, barreras, etc.).

Respecto de las encuestas desarrolladas, en 2016 se presentó el estudio “Level of Service for Non-Freight road users” (Austroads, 2016a), en el que se desarrolló un cuestionario a usuarios de carreteras y luego se estableció un marco de nivel de servicio. La encuesta se llevó a cabo en Australia y Nueva Zelanda mediante entrevistas telefónicas asistidas por computador, contabilizando un total de 1920 encuestados, a los cuales se les solicitó priorizar los atributos de la carretera más relevantes en la experiencia de viaje, como resultado se obtuvo una clara preferencia por la sensación de seguridad durante el viaje (68 %) en comparación con los tiempos de viaje consistentes (18 %) y ser capaz de viajar con rapidez (14 %).

Además, a los encuestados se les solicitó que valoraran la importancia relativa de distintos atributos de la carretera. De donde se obtuvo que los atributos con mayor importancia fueron: el estado de la superficie de la carretera, presencia y estado de la señalización de tránsito, adecuada evacuación de agua de la carretera, el estado de las demarcaciones y un ancho de pistas suficiente. Los atributos con menor importancia fueron: retrasos inesperados debido a la congestión, retrasos e interrupciones debido a obras viales y las áreas de descanso.

En 2016 Austroads publicó el estudio “Defining Asset Management Level of Service Requirements for Freight on Rural Arterial Roads” (Austroads, 2016b), en el que se presentan los resultados de una encuesta a gran escala para tres grupos de participantes: conductores, operadores de transporte y administradores de la infraestructura de carreteras. Los tres atributos de la carretera con mayor impacto sobre los conductores y operadores de vehículos de carga en orden de importancia decreciente fueron: la comodidad del viaje (regularidad longitudinal del pavimento), el ancho y la condición de las bermas, y en tercer lugar el ancho de pistas, puentes y accesos en general.

La cuantificación del nivel de servicio, asociado a variaciones en atributos de la carretera, se realizó mediante una encuesta a usuarios de vehículos livianos y pesados que condujeron por un circuito de carretera. Esta encuesta estuvo restringida a variaciones en los tres primeros atributos de la carretera identificados por la encuesta anterior. El análisis indicó que las calificaciones de conductores de vehículos pesados fueron consistentes con los cambios medidos en la infraestructura, y en términos generales se ajustaba a las exhibidas por los conductores de vehículos livianos. Los patrones de respuesta fueron similares, pero las calificaciones medias de nivel de servicio de los conductores de vehículos pesados fueron inferiores a las observadas para los conductores de vehículos livianos.

En India y Tailandia se han desarrollado modelos de satisfacción a través de encuestas a los usuarios de carreteras (Marketing & Development Research Associates, 2007; Suthathip Suanmali, 2013), con los cuales se puede predecir la satisfacción del usuario dependiendo de su conformidad con los activos viales que conforman la carretera. Los modelos entregan la importancia relativa (ponderadores) de los activos a la satisfacción global.

Existen estudios que muestran que es necesario incorporar otros activos relacionados a la carretera que los usuarios consideran importantes, tales como los baños públicos y las áreas de servicio (Instituto MAPFRE, 2000; Suthathip Suanmali, 2013; Marketing & Development Research Associates, 2007).

1.1.3. Norteamérica

En 2002 se publicó un estudio que vincula medidas cuantitativas físicas con medidas subjetivas de la percepción de los conductores (Shafizadeh, K. R., Mannering, F. L., & Pierce, L. M. 2002). En dicho estudio, participaron 56 usuarios que transitaron en condiciones normales de tránsito y se les pidió su opinión sobre la regularidad del pavimento en 40 segmentos predeterminados. Se recogieron las evaluaciones del conductor con otros datos, tales como la velocidad y ruido del vehículo, los que se combinaron con los datos sociodemográficos específicos del conductor y datos del estado del pavimento proporcionados por el Departamento de Transportes de Washington. Los resultados indicaron que el Índice de Regularidad Internacional (IRI) es el mejor predictor de la satisfacción de los usuarios, pavimentos con bajos valores de IRI generalmente se corresponden con mejores calificaciones y altos niveles de aceptación de los usuarios. Otros factores estadísticamente asociados con la satisfacción de los conductores carretera incluyen: la presencia de mantenimiento del pavimento, la presencia de juntas en puentes, la edad de la superficie del pavimento, el tipo de vehículo, la velocidad, el nivel de ruido en el vehículo, el género y los ingresos del conductor.

En el año 2003, el Departamento de Transporte del Distrito de Columbia (DDOT) y la Federal Highway Administration (FHWA) iniciaron un contrato experimental de 5 años de duración denominado “The DC Streets Performance-Based Asset Preservation Experiment” (DDOT & FHWA, 2006), el que consideraba que un contratista realizara la conservación de más de 75 millas del Sistema Nacional de Carreteras del distrito, basado en el desempeño de los activos viales. En dicho proyecto, se buscaba evaluar mediante indicadores, el desempeño de activos y grupos de activos viales así como el desempeño global de la carretera. Para ello se determinaron ponderadores de importancia de los distintos activos viales a partir de la opinión de expertos. Los grupos de activos evaluados fueron los siguientes: calzada, elementos de seguridad (iluminación, demarcación, señalización, barreras de contención, etc.), vegetación, túneles, puentes, pasarelas peatonales, control de hielo y nieve, entre otros.

En Estados Unidos existen concesiones viales vigentes (Indiana toll road, 2006), en donde se incorpora el concepto de nivel de servicio y gestión de activos viales, evaluando mediante indicadores de desempeño, una serie de activos viales tales como: calzada, puentes, túneles, sistema de iluminación, demarcación, señalización, entre otros. También incorpora la evaluación de las áreas de servicio y activos de emergencia, estos últimos son aquellos activos dañados durante algún incidente (desastre natural, vandalismo, entre otros), en donde la concesionaria debe remplazar o rehabilitar los activos dañados, con ciertos plazos definidos y sin perjudicar la disponibilidad de la vía. En este modelo de gestión no se obtiene una evaluación global de la carretera, sino que solo para cada activo de forma individual.

En 2010 se publicó la investigación NCHRP 20-74A “Development of Levels of Service for the Interstate Highway System” (NCHRP, 2010), que estableció el marco para describir el nivel de servicio del sistema interestatal de carreteras de Estados Unidos. La plantilla propuesta enumera todas las clases de activos y los elementos que son necesarios evaluar, incluyendo indicadores y métricas asociadas. De acuerdo al valor obtenido para cada indicador, el nivel de servicio se clasifica según una escala categórica (excelente, bueno, justo, pobre, muy pobre). Al mismo tiempo, se identificaron cuatro objetivos de las agencias viales:

- La preservación: que incluye la evaluación de puentes, sistema de drenaje, pavimentos, dispositivos de control de tráfico (activos y pasivos), entre otros.
- Movilidad, considerando la confiabilidad de los tiempos de viaje y la relación volumen de tránsito/capacidad de la vía.
- Seguridad, considerando la tasa de mortalidad respecto del volumen de tránsito.
- Cuidado del medio ambiente, para el cual la investigación concluyó que el estado actual de la práctica no proporciona suficiente orientación para desarrollar indicadores de nivel de servicio.

En el año 2012, se promulgó la ley MAP-21 “Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act”, la cual representa la transformación de los programas de carreteras hacia programas basados en el desempeño (FHWA, 2017). Los estados deben invertir los recursos disponibles en el logro de metas individuales que, de manera colectiva, contribuyan a alcanzar los objetivos nacionales. Para lograr lo anterior, el Departamento de Transporte (DOT), en acuerdo con los estados, los órganos de planeación metropolitana (MPO) y otros grupos de interés, establecieron indicadores para la evaluación de la condición y el desempeño de los sistemas de carreteras en los siguientes rubros: condición de la infraestructura, seguridad, congestión, sustentabilidad medioambiental, entre otros. Los estados definieron metas en términos de los indicadores anteriores. Asimismo, los planes estatales y metropolitanos deben describir la forma en que los programas y proyectos seleccionados contribuyen al logro de las metas.

1.1.4. Latinoamérica

Existe escasa evidencia en Latinoamérica acerca de la evaluación de nivel de servicio en carreteras. Los casos identificados más que a nivel de servicio se refieren a estándares mínimos que no se utilizan como un medio de mejora continua, sino que más bien, a un mecanismo sancionatorio por incumplimiento del contratista, lo cual puede resultar coherente a nivel de seguimiento de contratos pero no a nivel de gestión por desempeño o resultados. No obstante lo anterior, es posible resaltar los casos de Uruguay (sección 1.1.4.1), Perú (sección 1.1.4.2) y particularmente Chile que posee un nivel de desarrollo más avanzado (sección 1.1.4.3).

1.1.4.1. Uruguay

En Uruguay, Krugman y Carnales (2009), desarrollaron una categorización de la red vial según el nivel de tránsito para obtener la jerarquía vial en términos operativos. Posteriormente, según cada categoría, definieron indicadores de Nivel de Servicio principalmente para la calzada en términos de su condición estructural (deflexión y número estructural), funcional (índice de regularidad del pavimento), superficial (índice del estado superficial) y seguridad (adherencia). Los niveles de servicio los categorizaron en tres niveles: “bajo”, “medio” y “alto”.

1.1.4.2. Perú

En Perú, Ulloa (2012) analizó la experiencia chilena y uruguaya en materia de mantenimiento por nivel de servicio. Identificó las diferencias entre ambas experiencias y realizó una propuesta para Perú. Dentro de sus propuestas, resalta una planilla de valoración de incumplimientos y de períodos de verificación de estándares. Posteriormente, Justo Casaretto (2013) analizó aspectos de valoración práctica del nivel de servicio y planteó propuestas de mejoramiento de las mediciones de nivel de servicio en donde refuerza la idea de medición con instrumentos modernos. En su propuesta establece los activos viales a medir, el indicador, la forma de medición y las tolerancias. Se consideraron los activos calzada, berma, obras de arte, señalización, zonas laterales y elementos de seguridad.

1.1.4.3. Chile

A continuación, se sintetiza la regulación por niveles de servicio, incorporada en las bases de licitación (BALI) de las siguientes carreteras concesionadas en Chile:

- Segunda concesión Camino Nogales-Puchuncaví (MOP, 2015).
- Concesión mejoramiento Ruta Nahuelbuta (MOP, 2016a).
- Concesión Américo Vespucio Oriente Príncipe de Gales-Los Presidentes (MOP, 2016b).
- Segunda concesión Rutas del Loa (MOP, 2017).
- Concesión mejoramiento Ruta G-21 (MOP, 2018a).

Es importante mencionar que la regulación por niveles de servicio, en las diferentes bases de licitación revisadas, es prácticamente idéntica, presentando mínimas diferencias que serán mencionadas cuando corresponda.

1.1.4.3.1. Nivel de Servicio de la Concesión (NSC)

En todas las bases de licitación mencionadas, se define el nivel de servicio de la concesión (NSC), como un valor entre 0 y 1, que se determina mensualmente a partir del nivel de prestación de los servicios básicos y de los servicios especiales obligatorios, los que a su vez dependen de otros componentes tal como se presenta en la figura 1.1.1. La ponderación de cada uno de los componentes varía entre las diferentes BALI tal como se presenta en la tabla 1.1.1. En particular, los ponderadores presentados en la figura 1.1.1 corresponden a la Concesión mejoramiento Ruta G-21 (MOP, 2018a).

Tabla 1.1.1: Ponderadores de importancia (Adaptado de MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a).

Componente	Base de Licitación				
	MOP 2015	MOP 2016a	2016b	MOP 2017	MOP 2018
Servicios básicos	80%	80%	80%	80%	80%
- Conservación	60%	60%	60%	60%	60%
* Pavimentos	40%	40%	35%	40%	50%
* Iluminación	20%	20%	20%	20%	25%
* Seguridad	40%	40%	20%	40%	25%
* Sistema de ventilación	-	-	25%	-	-
- Gestión de tráfico	40%	40%	40%	40%	40%
* Disponibilidad de la vía	70%	70%	50%	70%	55%
* Señalización variable	30%	30%	35%	30%	45%
* Control de acceso	-	-	15%	-	-
Servicios especiales obligatorios	20%	20%	20%	20%	20%
* Asistencia en ruta	45%	45%	45%	40%	45%
* Atención a usuarios	30%	30%	30%	30%	30%
* Gestión de cobro y facturación	25%	25%	25%	30%	25%

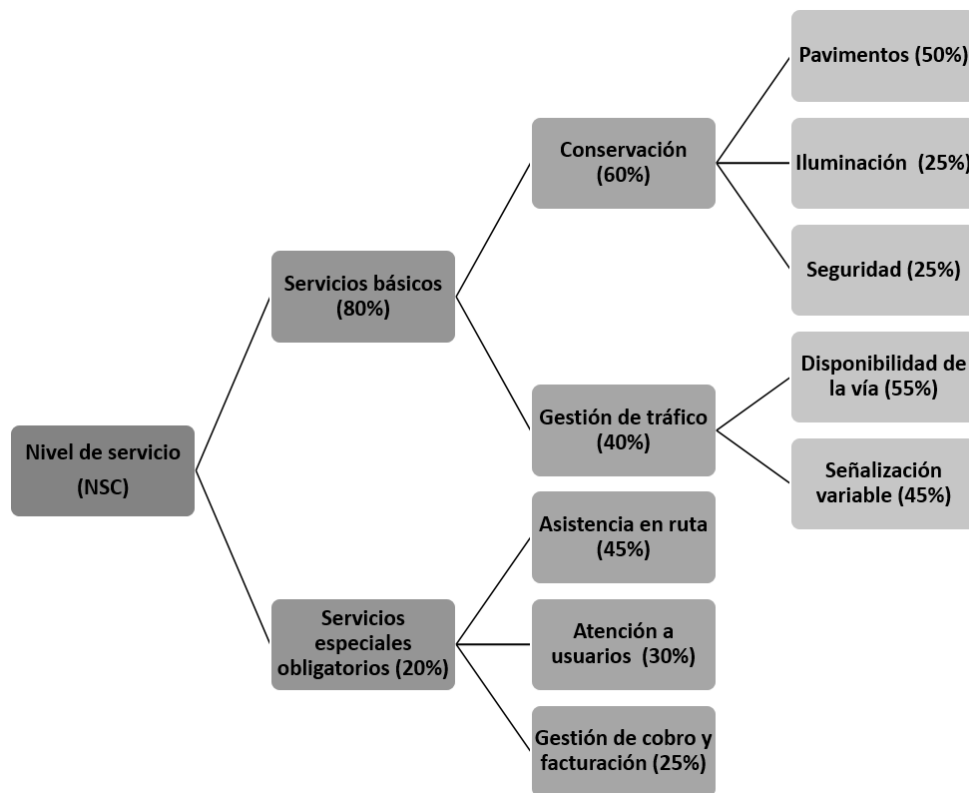


Figura 1.1.1: Modelo de nivel de servicio Concesión mejoramiento Ruta G-21.

Fuente: MOP (2018a).

Para evaluar el desempeño de los componentes presentados en la figura 1.1.1, se utilizan indicadores. Por ejemplo, para evaluar el desempeño del pavimento, se utiliza el indicador denominado PAV según se define en la ecuación 1.1.1:

$$PAV_m = \frac{\sum_{j=1}^d \sum_{h=1}^n \prod_{i=1}^e E_{i,h,j}}{d \cdot n} \cdot 100 \tag{1.1.1}$$

Donde:

- PAV_m : porcentaje mensual de cumplimiento de las exigencias de integridad de los pavimentos.
- $E_{i,h,j}$: valor adoptado por la exigencia “i” en el hectómetro fijo “h”, durante el día “j” (1 si cumple, 0 si no cumple).
- j : subíndice que representa el contador de los días del mes “m”.
- h : subíndice que representa el contador de los hectómetros fijos.
- i : subíndice que representa el contador de exigencias.
- d : número total de días del mes “m”.
- n : número total de hectómetros fijos.
- e : número total de exigencias definidas para este indicador.

Las exigencias $E_{i,h,j}$ consideradas en la ecuación 1.1.1 se presentan en la tabla 1.1.2 y constan de un umbral mínimo o máximo según corresponda y un método de constatación, cuyo detalle puede ser revisado en la BALI respectiva .

Tabla 1.1.2: *Exigencias de pavimentos (MOP, 2018a).*

N°	EXIGENCIAS
1	IRI promedio en pista
2	IRI puntual en pista
3	Agrietamiento en pista de pavimento flexible
4	Ahuellamiento por huella en pista de pavimento flexible
5	Baches cerrados en pista de pavimento flexible
6	Ondulaciones en pavimento flexible
7	Número de losas agrietadas en pavimento de hormigón
8	Escalonamiento en juntas de pavimento de hormigón
9	Fricción por pista
10	Macrotextura
11	Baches cerrados en pista de hormigón
12	Separación de berma
13	Descenso de berma
14	Desnivel de berma
15	Escalonamiento en veredas o pasillos
16	Áreas con pérdida de material en veredas o pasillos
17	Número de trozos en veredas o pasillos
18	Depresión o levantamiento en veredas o pasillos
19	Ancho de grietas en veredas o pasillos
20	Ancho de juntas en veredas o pasillos
21	Baches abiertos

A modo de ejemplo, se presenta la exigencia N°4 “Ahuellamiento por huella en pista de pavimento flexible” (MOP, 2018a):

- **Umbral máximo:** 10 mm.
- **Método de constatación:** mediante inspección visual y mediciones con regla graduada respecto de una regla rígida que materializa la superficie teórica del pavimento, o bien con equipo de alto rendimiento, sistema perfilométrico transversal, perfilómetro láser. La medición con regla graduada consiste en medir el ahuellamiento con regla indeformable de 1,5 m, apoyando la regla desde los bordes de la pista hacia el centro, midiendo con escuadra (medición perpendicular a la regla), de acuerdo al tópico 8.502.11 del Manual de Carreteras, Volumen N°8 (MOP, 2018b). Se deberá efectuar, al menos, una medida cada 200 m por pista y en ambas huellas. El mayor valor entre ambas huellas para una determinada medición, corresponderá al valor de ahuellamiento de dicha medición en el tramo de 200 m. Las medidas se deben expresar con precisión al milímetro.

El resultado que se obtiene al aplicar la ecuación 1.1.1 se denomina “valor del indicador PAV” [V PAV]. A partir del valor de este indicador durante el mes “m”, se determina el nivel de cumplimiento del estándar de servicio de acuerdo a la tabla 1.1.3.

Tabla 1.1.3: *Nivel de cumplimiento del estándar de servicio (MOP, 2018a).*

Valor del indicador [PAV] %	Nivel del cumplimiento del estándar de servicio
PAV \geq 99.9%	100%
PAV = 99.8%	50%
PAV < 99.8%	0%

El nivel de cumplimiento de cada estándar de servicio en particular (por ej. el presentado en la tabla 1.1.3) ponderado por el factor específico correspondiente (tabla 1.1.1) determinan el nivel de prestación del servicio, tanto de los servicios básicos como de los servicios especiales obligatorios, los que en conjunto conforman el nivel de servicio de la concesión NSC (figura 1.1.1).

1.1.4.3.2. Relación entre el Nivel de Servicio de la concesión (NSC) y el Índice de Servicio Prestado (ISP)

A partir de los valores mensuales obtenidos para el nivel de servicio de la concesión (NSC), se determina el Índice de Servicio Prestado (ISP), el cual es calculado trimestralmente de acuerdo a la ecuación 1.1.2.

$$ISP_t = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 NSC_j \quad (1.1.2)$$

Donde:

ISP_t : es el índice de servicio prestado en el trimestre “t” que corresponde a un número real comprendido entre cero (0) y uno (1), ambas cotas incluidas y redondeado al tercer decimal.

NSC_j : es el nivel de servicio de la concesión del mes j.

j : es el subíndice que representa el mes del trimestre “t”.

1.2. Análisis comparativo

De acuerdo a los distintos estudios revisados, las diferencias en la evaluación del nivel de servicio en carreteras se presentan en distintos ámbitos: el grado de avance en el desarrollo de metodologías para aplicar el concepto de nivel de servicio, 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, 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.

1.2.1. Grado de avance en el desarrollo de metodologías para aplicar el concepto de nivel de servicio

En Australia, se publicó una recopilación de documentos de gestión de activos viales llamado “Guide to Asset Management” (Austroads, 2009), el cual se utiliza como base en Australia y Nueva Zelanda para que cada agencia gestione sus carreteras. La guía evalúa, mediante indicadores de desempeño, los activos de la carretera que se dividen en tres niveles: pavimentos, estructuras (puentes y túneles) y activos relacionados a la carretera (iluminación, demarcaciones, barreras, etc.).

Países como España, Finlandia, Hungría, Noruega, Portugal y Reino Unido (Fernández, J. A. E., & Villar, J. P. S., 2016) incorporan en sus contratos más actuales de concesiones viales indicadores para evaluar la seguridad vial, los cuales están sujetos a incentivos por buen desempeño, por ejemplo, bonificaciones monetarias o aumento del periodo de concesión.

En Estados Unidos existen concesiones viales vigentes (Indiana toll road, 2006), en donde se incorpora el concepto de nivel de servicio y gestión de activos viales, evaluando mediante indicadores de desempeño, una serie de activos viales tales como: calzada, puentes, túneles, sistema de iluminación, demarcación, señalización, entre otros. También incorpora la evaluación de las áreas de servicio y activos de emergencia, estos últimos son aquellos activos dañados durante algún incidente (desastre natural, vandalismo, entre otros), en donde la concesionaria debe remplazar o rehabilitar los activos dañados, con ciertos plazos definidos y sin perjudicar la disponibilidad de la vía. En este modelo de gestión no se obtiene una evaluación global de la carretera, sino que solo para cada activo de forma individual.

En el caso de Latinoamérica, existe escasa evidencia acerca de la evaluación de nivel de servicio en carreteras. Los casos identificados más que a nivel de servicio se refieren a estándares mínimos que no se utilizan como un medio de mejora continua, sino que más bien, a un mecanismo sancionatorio por incumplimiento del contratista, lo cual puede resultar coherente a nivel de seguimiento de contratos pero no a nivel de gestión por desempeño o resultados.

En definitiva, si bien existen diversos grados de avance en el desarrollo de metodologías para aplicar el concepto de nivel de servicio, no se identifican modelos enfocados exclusivamente en los aspectos de interés para los usuarios que transitan en vehículos motorizados.

1.2.2. Objetivos estratégicos considerados en la evaluación de la gestión vial

La evaluación de la gestión de infraestructura vial orientada exclusivamente en el usuario que transita por la vía no es suficiente (Talvitie, 1999). Existen objetivos estratégicos de la gestión vial, como por ejemplo, la preservación 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 se percate de algunos deterioros en el patrimonio una vez que estos ya han ocurrido y, 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 funcione de manera correcta, el usuario no percibirá los deterioros al patrimonio que puedan generarse por falta de mantenimiento de las cepas. El usuario solamente 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 preservación del patrimonio vial, de manera adicional a la evaluación del servicio prestado a los usuarios que transitan por la vía. El estudio Talvitie (1999) propone una serie de indicadores orientados a satisfacer ambos objetivos estratégicos, sin embargo, no explicita una propuesta de evaluación segregada.

Un estudio posterior realizado en España (Comisión de Transportes CICCPC, 2005) coincide con la propuesta de que la evaluación de la gestión de la infraestructura debe considerar tanto el nivel de servicio a los usuarios como la preservación del patrimonio vial. Este estudio además, propone una agrupación diferenciada de indicadores de desempeño para ambos objetivos.

Otro objetivo estratégico que no se evalúa apropiadamente a través del nivel de servicio a los usuarios o de la conservación del patrimonio vial, es el efecto de la infraestructura sobre las comunidades aledañas y el medio ambiente. En los estudios Talvitie (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. NCHRP (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 objetivo estratégico es relativamente bajo, en comparación con los indicadores para evaluar el nivel de servicio a los usuarios o la preservación del patrimonio.

Por construcción, el modelo utilizado por todas las bases de licitación chilenas revisadas (figura 1.1.1), incluye una cantidad considerable de elementos de la carretera que es posible evaluar durante la etapa de explotación, pero que no están necesariamente vinculados a aspectos que influyen en la satisfacción de los usuarios que transitan por la vía. Por ejemplo, dentro del indicador de pavimentos (ecuación 1.1.1 y tabla 1.1.2) se incorporan exigencias tales como el Índice de Regularidad Internacional (IRI) que influye en la percepción de comodidad de los usuarios, pero al mismo tiempo se incluyen exigencias tales como “ancho de grietas en veredas o pasillos”, las que no son percibidas por los usuarios, y por lo tanto, no influyen en su experiencia de viaje.

1.2.3. Nivel de identificación de las necesidades demandadas por los usuarios que transitan por la vía

Diversos estudios han evaluado la influencia que pueden tener los atributos específicos de una carretera en la satisfacción percibida 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-DGOP 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 el nivel de análisis, identificando cuáles son las necesidades intangibles de los usuarios que están detrás de los atributos específicos de la carretera percibidos como prioritarios.

- Talvitie (1999) identificó necesidades como:
 - La movilidad y accesibilidad: orientadas al nivel de satisfacción con respecto al tiempo de viaje y su fiabilidad, junto con la 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, 2016a; Austroads, 2016b) se concluyó que las necesidades más relevantes para los usuarios son la seguridad, movilidad (tiempos de viaje consistentes y ser capaz de viajar con rapidez) y la comodidad.
- En Inglaterra (Transport Focus, 2017) se determinó que la necesidad más relevante es la movilidad (tiempos de viaje).

1.2.4. Tipos de activos y/o indicadores incluidos en la evaluación del nivel de servicio

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 científica intergubernamental europea Cooperation in the field of science and technology (COST, 2008), en el que participó 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 vertical, también pueden tener una influencia importante en la satisfacción percibidas por los usuarios (Instituto MAPFRE 2000; MOP-DGOP 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 vertical, elementos de seguridad y servicios anexos, entre otros (Talvitie 1999, Comisión de Transportes CICCIP 2005, Austroads 2009).

Respecto de las metodologías de medición y umbrales de los indicadores, en el ejemplo de la sección 1.1.4.3.1 se presenta el método de constatación de una de las exigencias establecidas dentro del indicador de pavimentos (tabla 1.1.2), en la que se permite la inspección visual y solo se enuncia la posibilidad de utilizar equipos de alto rendimiento, pero sin definir las metodologías de medición asociadas. Además, de la ecuación 1.1.1 se advierte que los indicadores utilizados solo capturan el cumplimiento de exigencias mínimas (1 si cumple, 0 si no cumple). Al mismo tiempo, el nivel de servicio global de la concesión (NSC) se considera suficiente si es superior a 0.98 (MOP 2015, 2016a, 2017, 2018a).

A partir de la revisión de distintas bases de licitación de carreteras interurbanas concesionadas (MOP, 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a), en la tabla 1.2.1 se presenta un listado general de activos/subactivos viales que deben ser evaluados en la gestión global de una carretera concesionada durante la etapa de explotación. Dentro de los elementos presentados en la tabla 1.2.1 existe un subconjunto de ellos, que a pesar de ser relevantes en la gestión integral de una carretera concesionada en etapa de explotación, no tienen una influencia directa en la experiencia de viaje de los usuarios que transitan por la vía en vehículos motorizados, en términos de alguna de las necesidades intangibles identificadas: comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad. Por lo tanto, dicho subconjunto de elementos deben ser evaluados por un modelo adicional enfocado específicamente en ellos, ya sea el que evalúa la conservación del patrimonio vial o en el que evalúa la afectación a las comunidades aledañas y medioambiente. La vinculación entre el activo/subactivo vial y el objetivo estratégico afectado de forma prioritaria se detalla en la tabla 1.2.1.

Tabla 1.2.1: *Listado general de activos y subactivos viales relevantes en la gestión de una carretera.*

Activo	Subactivo	Objetivo estratégico		
		Usuario motorizado	Conservación del patrimonio vial	Comunidad aledaña y medio ambiente
Plataforma	Calzada	X		
	Berma	X		
	Sobreebanco de plataforma	X		
	Mediana	X		
Señalización de tránsito vertical	-	X		
Señalización de tránsito horizontal	Demarcaciones planas	X		
	Demarcaciones elevadas	X		
Señalización variable	-	X		
Sistemas de contención	Barreras de contención	X		
	Amortiguadores de impacto	X		
	Pistas de emergencia	X		
Sistema de iluminación exterior	-	X		
Instalaciones	Áreas de servicio	X		
	Paraderos de buses y casetas	X		
Túneles	Sistema de iluminación	X		
	Sistema de ventilación	X		
	Sistema estructural		X	
	Sistema eléctrico		X	
Puentes	Superestructura	X		
	Infraestructura		X	
	Elementos conexos		X	
Sistemas de citofonía de emergencia	-	X		
Equipos y dispositivos	Pantallas antideslumbramiento			
	Cercos y portones			
	Pantallas acústicas			X
Taludes de corte y terraplén	-		X	
Plazas de peaje /sistema free-flow	-		X	
Plazas de pesaje	-		X	
Obras de protección fluvial	-		X	
Saneamiento y drenaje	-		X	
Ciclo vías	-			X
Pasarela peatonal	-			X
Aceras	-			X
Pasos inferiores	-	X		

Algunos servicios adicionales relevantes para los usuarios (MOP, 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a) son:

- Asistencia en ruta.
- Disponibilidad de la vía.
- Atención de usuarios.
- Gestión de cobro y facturación.
- Limpieza del área de concesión.

Una vez identificados los elementos que deben ser considerados en modelos que evalúen de forma diferenciada la conservación del patrimonio vial y la afectación a las comunidades aledañas y medio ambiente (tabla 1.2.2), para los elementos restantes, es decir, los que influyen en la experiencia de viaje de los usuarios, se identifican las características que deben ser evaluadas, en un contexto global de gestión de una carretera concesionada durante la etapa de explotación. El listado de características ha sido generado a partir de una revisión bibliográfica, por lo tanto, para cada una de estas características se especifica el estudio que la identifica.

Tabla 1.2.2: *Características relevantes de activos/subactivos viales.*

Activo	Subactivo	Característica
Plataforma	Calzada	Regularidad longitudinal del pavimento (COST, 2008)
		Regularidad transversal del pavimento (COST, 2008)
		Resistencia al deslizamiento (COST, 2008)
		Nivel de ruido de la interacción neumático-pavimento (Ohiduzzaman, M., Sirin, O., & Kassem, E., 2017)
		Agrietamientos del pavimento (COST, 2008)
		Deflexiones del pavimento (COST, 2008)
		Transferencia de carga en pavimentos rígidos (COST, 2008)
	Berma	Funcionalidad: considerando agrietamiento, desnivel, separación, entre otros (UdeC, 2019a)
	Sobrancho de plataforma	Funcionalidad: considerando desnivel, erosión, entre otros (UdeC, 2019b)
	Mediana	Funcionalidad: considerando su desnivel (UdeC, 2019c)
Señalización de tránsito vertical	-	Funcionalidad: considerando retrorreflexión, luminancia, ubicación, deterioro (UdeC, 2019d).
Señalización de tránsito horizontal	Demarcaciones elevadas	Funcionalidad: considerando presencia y limpieza (UdeC, 2019e)
	Demarcaciones planas	Funcionalidad: considerando retrorreflexión, resistencia deslizamiento, luminancia (UdeC, 2019f)
Señalización variable	-	Funcionalidad: considerando disponibilidad, pertinencia del mensaje, deterioro (UdeC, 2019j)
Sistemas de contención	Barreras de contención	Funcionalidad: considerando alineación, nivel de oxidación, completitud (UdeC, 2019g)
	Amortiguadores de impacto	Funcionalidad: considerando alineación, nivel de oxidación, completitud (UdeC, 2019h)
	Pistas de emergencia	Funcionalidad: considerando la existencia de una adecuada granulometría de los agregados pétreos (UdeC, 2019i)
Sistema de iluminación exterior	-	Uniformidad Global (Oyarzún, 2019)
		Uniformidad Longitudinal (Oyarzún, 2019)
		Luminancia Media (Oyarzún, 2019)
Instalaciones	Áreas de servicio	Funcionalidad: considerando limpieza, disponibilidad de agua en servicios higiénicos, iluminación, entre otros (UdeC, 2019k)
	Paraderos de buses y casetas	Funcionalidad: considerando limpieza, completitud, entre otros (Burgos, 2019)
Túneles	Sistema de iluminación	Uniformidad Global (Sepúlveda, 2019)
		Uniformidad Longitudinal (Sepúlveda, 2019)
		Luminancia Media (Sepúlveda, 2019)
	Sistema de ventilación	Concentración de monóxido de carbono (Sepúlveda, 2019)
		Concentración de dióxido de nitrógeno (Sepúlveda, 2019)
		Opacidad (Sepúlveda, 2019)
Puentes	Superestructura	Regularidad longitudinal (McGhee, K. K., 2002)
Sistemas de citofonía de emergencia	-	Funcionalidad: considerando limpieza, completitud, comunicación efectiva, entre otros (Oyarzún, 2019)
Equipos y dispositivos	Pantallas antideslumbramiento	Funcionalidad: considerando presencia, inclinación, completitud, limpieza, entre otros. (Oyarzún, 2019)
	Cercos y portones	Funcionalidad: considerando presencia, inclinación, completitud, entre otros (Oyarzún, 2019)
Pasos inferiores	-	Funcionalidad: considerando limpieza, drenaje, iluminación, entre otros (Oyarzún, 2019)

Dentro de las características identificadas en la tabla 1.2.2, existe un subconjunto de ellas, que a pesar de ser relevantes en la gestión integral de una carretera concesionada en etapa de explotación, no tienen una influencia directa (en el corto plazo) en la experiencia de viaje de los usuarios que transitan por la vía en vehículos motorizados, en términos de alguna de las necesidades intangibles identificadas: comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad. Por lo tanto, dicho subconjunto de características deben ser evaluadas por un modelo adicional enfocado específicamente en ellas y se presenta a continuación:

- Agrietamientos en pavimentos: esta característica no es percibida de forma directa por los usuarios de carreteras concesionadas, ya que se trata de vías de alto estándar donde se exigen muy bajos niveles de agrietamiento, por lo tanto, no contribuye de manera explícita a la comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad del usuario.
- Deflexiones del pavimento: esta característica es relevante para evaluar la capacidad estructural del pavimento, pero no es percibida directamente por los usuarios de carreteras, ya que no contribuye de manera explícita a la comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad del usuario.
- Transferencia de carga en pavimentos rígidos: esta característica es relevante para evaluar la capacidad estructural del pavimento, pero no es percibida directamente por los usuarios de carreteras, a menos que se manifieste afectando la regularidad longitudinal del pavimento que se evalúa de forma independiente. Las características mencionadas deben ser evaluadas en un modelo de conservación del patrimonio vial.

Las características mencionadas deben ser evaluadas en un modelo de conservación del patrimonio vial.

1.2.5. Nivel de agregación de los indicadores para evaluar el servicio prestado a los usuarios

La provisión de un nivel de servicio adecuado requiere de la evaluación del desempeño de cada uno de los activos relevantes para los usuarios. Diversos estudios revisados proponen metodologías e indicadores para la evaluación de cada activo vial por separado (Talvitie 1999, NCHRP 2010, Austroads 2009). Sin embargo, la determinación del nivel de servicio global de la infraestructura requiere valorar la influencia que tiene cada activo en la satisfacción de los usuarios (Instituto MAPFRE, 2000). Mediante el uso de ponderadores, es posible determinar una evaluación global de la infraestructura a partir de la evaluación particular de cada activo.

Un estudio realizado en España (Instituto MAPFRE, 2000) propone ponderadores para evaluar el nivel de servicio global de una carretera hacia los usuarios a partir de la priorización de las necesidades planteadas por los mismos usuarios. El estudio COST (2008) propone ponderadores para la evaluación global del nivel de servicio del activo pavimento a partir de la evaluación de sus diversos atributos, dichos ponderadores fueron obtenidos a partir de las opiniones de usuarios, expertos y administradores de carreteras. Los trabajos realizados en Chile (MOP 2009, 2012a y 2016c) definen la ponderación de los distintos atributos específicos de la carretera para la determinación de una nota global de satisfacción en base a opiniones de usuarios de carretera.

En los modelos de nivel de servicio utilizados en las bases de licitación chilenas revisadas (figura 1.1.1), se determinan calificaciones tanto a nivel de indicador (ejemplo ecuación 1.1.1) como a nivel global (NSC). Sin embargo, dichas calificaciones no son intuitivas, y por lo tanto, no entregan información en términos cualitativos. Por ejemplo, que el indicador PAV (ecuación 1.1.1 y tabla 1.1.2) sea igual a 99.8 % o 99.7 % no se relaciona fácilmente con cambios en el desempeño de dicho activo vial. De la misma forma, obtener calificaciones globales de nivel de servicio de 0.98 o 0.97, y que estas representen condiciones aceptables y no aceptable respectivamente, no se relaciona fácilmente con cambios en el desempeño global de una carretera. Por otro lado, no se presenta una metodología para la obtención de los ponderadores (tabla 1.1.1) de cada uno de los componentes. Además, dentro de estos componentes, como es en el caso de pavimentos (ecuación 1.1.1 y tabla 1.1.2), se le otorga el mismo peso relativo a exigencias tales como “fricción por pista” y “ancho de grietas en veredas o pasillos”.

Capítulo 2

Modelo propuesto para evaluar el nivel de servicio a los usuarios

La propuesta conceptual del modelo de nivel de servicio a los usuarios se presenta en la figura 2.0.1 y considera lo siguiente:

- El modelo propuesto asocia el desempeño de los diversos activos y sub-activos de la carretera (la oferta) con el nivel de calidad esperado por los usuarios (la demanda) expresada en términos de valores en juego.
- Los valores en juego son todos aquellos aspectos que los usuarios identifican como atributos de calidad de la experiencia de viaje por una carretera. De acuerdo con la experiencia internacional analizada en el capítulo previo, en el modelo se consideran cinco valores en juego:
 - Comodidad
 - Seguridad
 - Movilidad
 - Accesibilidad
 - Otros
- Los usuarios asignan diferentes niveles de importancia a cada uno de estos valores en juegos, los que se interpretan en el modelo como el peso relativo (δ_i) de cada valor en juego. Estos pesos relativos se utilizan para calcular el Nivel de Servicio Global de manera agregada.
- Las denominadas “características” son aquellos aspectos cuantificables y medibles de los activos y sub-activos viales cuyo desempeño contribuye a la valoración que los usuarios le otorgan a cada valor en juego. El desempeño de un sub-activo puede quedar explicado por una o más características. A su vez, el desempeño de un activo en particular, puede quedar explicado por el desempeño de uno o más sub-activos. La contribución relativa de las características, de un subactivo y de un activo queda definida por los ponderadores α_i , β_i , y γ_i respectivamente.

- Las características relevantes para los usuarios, se evalúan a través de indicadores técnicos, objetivos y medibles a lo largo del tiempo.

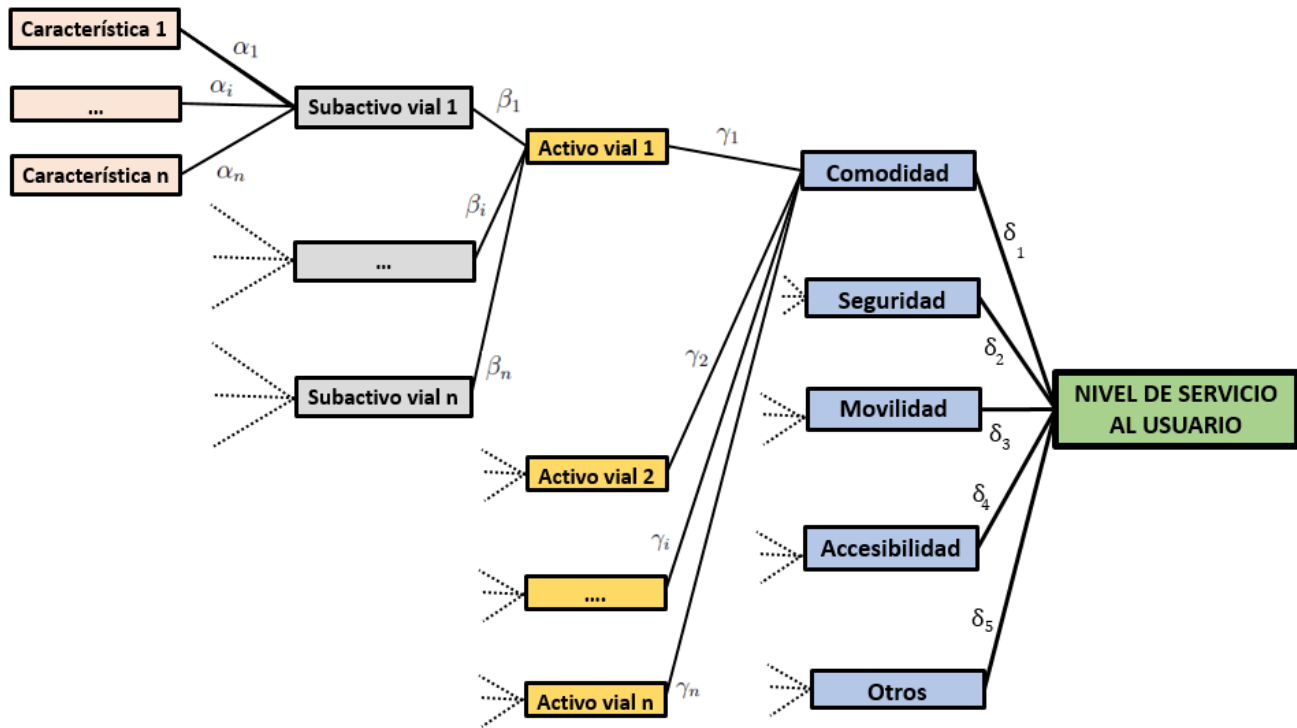


Figura 2.0.1: Esquema conceptual del modelo de nivel de servicio prestado al usuario que transita por la vía.

Fuente:Elaboración propia.

2.1. Valores en juego

Los valores en juego son todos aquellos aspectos que los usuarios identifican como atributos de calidad de la experiencia de viaje por una carretera:

- **Comodidad:** se refiere al concepto bajo el cual la experiencia de viaje de los usuarios es agradable y placentera, incluyendo la minimización de las vibraciones del cuerpo, la comodidad visual, acústica u otra.
- **Seguridad:** se refiere al concepto bajo el cual la experiencia de viaje de los usuarios está sometida a mínimos riesgos para la salud, ya sea porque se eviten los accidentes de tránsito o se minimicen sus efectos.
- **Movilidad:** se refiere al concepto bajo el cual la experiencia de viaje de los usuarios se desarrolla en tiempos de viaje reducidos y consistentes.
- **Accesibilidad:** se refiere al concepto bajo el cual se facilita el ingreso o salida oportuna de la carretera.
- **Otros:** se refiere a los servicios que no pueden ser atribuidos directamente a la comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad de los usuarios, pero que son relevantes para evaluar el nivel de servicio entregado a los mismos.

2.2. Activos viales, subactivos viales y características considerados por el modelo

De acuerdo a lo que se discute en la sección 1.2.4, a continuación se realiza la vinculación de cada una de las características relevantes para los usuarios con el valor en juego afectado de forma prioritaria, por lo tanto, se obtiene la organización y distribución de todos los componentes del modelo de nivel de servicio a los usuarios.

2.2.1. Comodidad

Regularidad longitudinal de pavimento: las irregularidades longitudinales del pavimento, causan vibraciones e inestabilidad en los vehículos, pudiendo incluso causar la pérdida de control, por lo tanto, generan efectos negativos en la comodidad y seguridad de los usuarios (Hu, Jiangbi, et al., 2017). En el contexto de vías concesionadas, las exigencias de regularidad longitudinal del pavimento son altas, por lo tanto, esta característica tiene una influencia prioritaria en la comodidad de los usuarios. En definitiva, si se controla el efecto de la regularidad longitudinal del pavimento en la comodidad de los usuarios, de forma indirecta se asegura una adecuada seguridad para los mismos.

Ruido de la interacción neumático pavimento: el ruido de la interacción neumático-pavimento puede ser irritante para los conductores, y además, puede afectar la seguridad ya que altera la concentración de los mismos. (Ohiduzzaman, M., Sirin, O., & Kassem, E., 2017). Además, en el caso que en una carretera existan pavimentos que inducen distintos niveles de ruido de la interacción neumático-pavimento, el efecto negativo en la comodidad de los usuarios puede generar maniobras de cambios de pistas que pueden resultar negativos para la seguridad. Por otro lado, a largo plazo el ruido puede dañar la audición e inducir trastornos del sueño y ansiedad. En el contexto de vías concesionadas, en general se utilizan pavimentos y estándares de conservación que inducen niveles de ruido relativamente bajos, por lo tanto, esta característica tiene una influencia prioritaria en la comodidad de los usuarios. En definitiva, si se controla el efecto del ruido de la interacción neumático-pavimento en la comodidad de los usuarios, de forma indirecta se asegura una adecuada seguridad para los mismos.

Regularidad longitudinal de tableros de puentes: el análisis para la regularidad longitudinal en tableros de puentes, es análogo al caso de regularidad longitudinal de pavimento, por lo tanto, se vincula a la comodidad de los usuarios.

Uniformidad longitudinal de la iluminación exterior/túnel: la uniformidad longitudinal de la iluminación cuantifica el orden en el que se suceden las zonas oscuras y brillantes de la calzada delante de los ojos del conductor. Los efectos llamados de “cebra”, se pueden reducir limitando la diferencia de luminancia entre los punto más oscuros y brillantes. Esta característica afecta en primer lugar la comodidad visual (Asiqi, C. L., 1980), la que luego se traducirá en una falta de concentración por parte de los conductores, reduciendo su velocidad de reacción. En definitiva, si se controla el efecto de la uniformidad longitudinal de la iluminación en la comodidad de los usuarios, de forma indirecta se controla la seguridad de los mismos. Por lo tanto, dado que afecta en primer lugar a la comodidad, se vincula a este valor en juego.

Funcionalidad de áreas de servicios: las áreas de servicio son elementos por esencia diseñados para contribuir a la seguridad vial. En efecto, estos lugares son diseñados con el fin último de evitar que los conductores estacionen sus vehículos para descansar en lugares no habilitados para ello, como lo es, por ejemplo, la berma. De esa manera se minimiza el riesgo de accidente de tránsito, ya que se elimina el punto duro transitorio que significaría un vehículo estacionado al borde de la calzada o parcialmente sobre ésta. Sin embargo, desde el punto de vista operacional, son lugares donde los conductores pueden descansar, alimentarse, surtirse de combustible, entre otros. De acuerdo a lo anterior, la funcionalidad de las áreas de servicio se vincula a la comodidad de los usuarios.

Funcionalidad de paraderos: en el contexto que los paraderos son elementos destinados a proteger al peatón de las condiciones climáticas, además de facilitarle un lugar de descanso mientras espera la llegada del bus al paradero, se vinculan al valor en juego “comodidad”.

En la figura 2.2.1 se presenta la estructura del valor en juego “comodidad”.

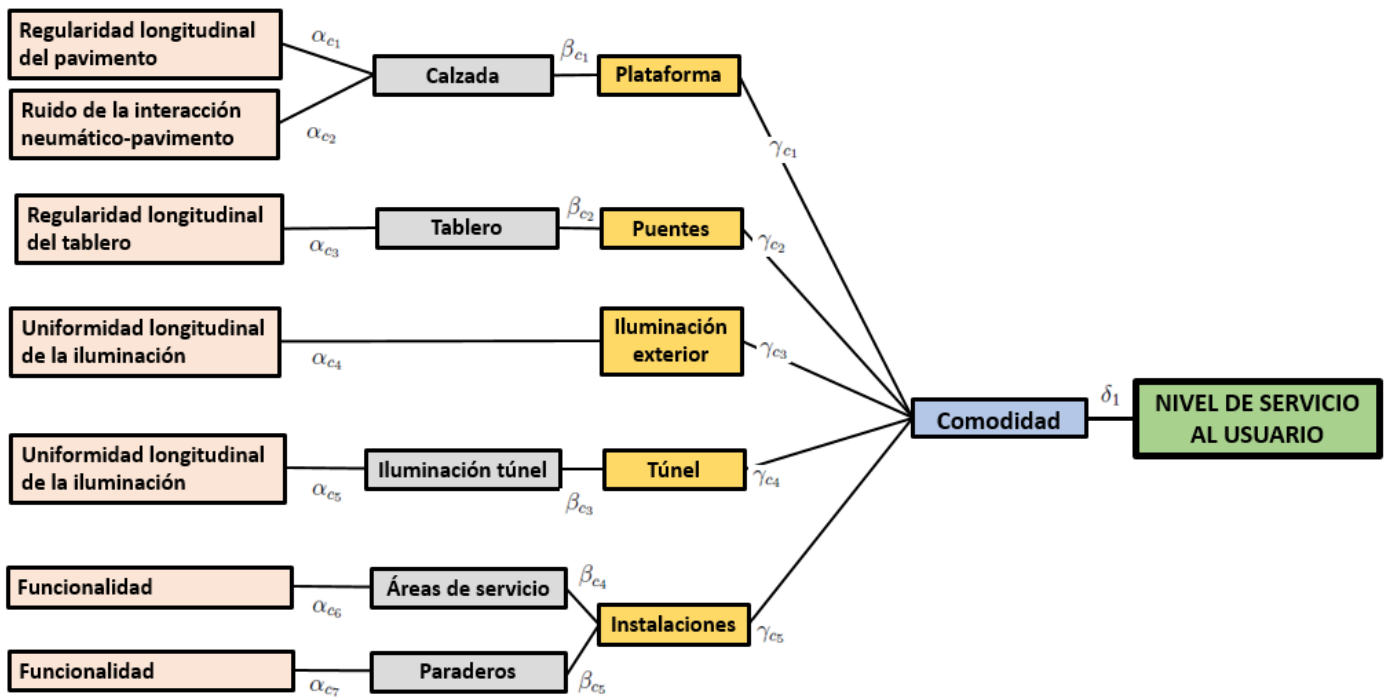


Figura 2.2.1: Estructura del valor en juego "comodidad".

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Seguridad

Regularidad transversal del pavimento: la irregularidad transversal del pavimento presenta un potencial riesgo para la seguridad vial, ya que en condiciones de lluvia los surcos acumulan agua y pueden provocar accidentes por hidroplaneo (Chu, L., & Fwa, T. F., 2016).

Resistencia al deslizamiento: es una de las características esenciales de los pavimentos, tendiente a entregar fricción, y con ello, mejorar la seguridad vial, por lo tanto se vincula a este valor en juego.

Funcionalidad de bermas: las bermas cumplen cuatro funciones básicas:

- Proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad.
- Aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía.
- Permiten detenciones ocasionales.
- Ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentando la seguridad.

Las funciones descritas, tienen una influencia en la movilidad y seguridad de los usuarios. Sin embargo, desde el punto de vista de la conservación de las bermas durante la fase de explotación de una vía, es decir, controlar su nivel de agrietamiento, erosión, descenso y separación, influyen prioritariamente en la seguridad de los usuarios, por lo tanto, se vincula con este valor en juego.

Funcionalidad de SAP: los sobreechamientos de plataforma permiten confinar la estructura de las bermas e instalar barreras de contención y señalización vertical. Desde el punto de vista de la conservación del SAP durante la fase de explotación de una vía, es decir, controlar su desnivel, influye prioritariamente en la seguridad de los usuarios en caso de pérdida de control, por lo tanto, se vincula con este valor en juego.

Funcionalidad de la mediana: la mediana se utiliza principalmente por razones de seguridad, al permitir, ya sea por su ancho o por los dispositivos que en ella se instalen, controlar la invasión premeditada o accidental de las pistas de la calzada de tránsito en sentido contrario. Durante la fase de explotación de una vía, se controla su desnivel, por lo tanto, se vincula con el valor en juego seguridad.

Uniformidad Global-Luminancia media iluminación exterior/túnel: en el contexto que un objeto solo se puede percibir si la diferencia de luminancia (contraste) entre su superficie y el fondo tiene un valor mínimo (Asiqi, C. L., 1980), si se aumenta la luminancia media del fondo de los objetos situados en ella, se mejora la sensibilidad del conductor. Sin embargo, los peores contrastes se encuentran siempre en los puntos en que la luminancia de la superficie de la calzada tiene el valor mínimo, incluso entregando una buena luminancia media en la superficie de la calzada pueda dar aún unas luminancias mínimas tan bajas en la superficie que el contraste en estos puntos resulta escaso. Por eso, para asegurar una perceptibilidad suficiente en todos los puntos de la calzada, se debe controlar la uniformidad global, la cual corresponde a la diferencia entre la luminancia mínima y media de la superficie. Tanto la uniformidad global como la luminancia media, influyen en la fiabilidad de la percepción de los conductores, por lo tanto, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de señalización vertical preventiva y reglamentaria: las señales verticales preventivas y reglamentarias cumplen las siguientes funciones:

- Advierten la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes.
- Notifican las prioridades en el uso de las vías, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes.

Por lo tanto, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de demarcaciones planas: las demarcaciones planas cumplen las siguientes funciones:

- Delimitan pistas y calzadas, indicando zonas con y sin prohibición de adelantar, y zonas con prohibición de estacionar, o delimitan pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.
- Guían y advierten la circulación.

Por lo tanto, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de demarcaciones elevadas: las demarcaciones elevadas se utilizan para complementar a las demarcaciones planas. Su visibilidad es mayor respecto de las planas, ya que pueden ser vistas en condiciones de lluvia, situación en la que, generalmente, la demarcación plana no es eficaz. Por lo tanto, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de barreras de contención: dado que las barreras de contención son elementos cuya función principal es la de contener y redireccionar vehículos fuera de control, que han abandonado la calzada de circulación y se desvían hacia sectores de riesgo, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de amortiguadores de impacto: dado que son elementos de contención, especialmente orientados a mitigar el impacto directo de vehículos con puntos duros, cuando estos se enfrentan al flujo vehicular, como por ejemplo, muros en vértices de bifurcaciones, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de pistas de emergencia: dado que son elementos de contención, orientados principalmente a la detención de vehículos pesados fuera de control, fundamentalmente en zonas de pendientes fuertes, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de sistemas de citofonía de emergencia: estos elementos contribuyen en la asistencia a las emergencias en general, y a los accidentes de tránsito, en particular. Los servicios de emergencia pueden llegar anticipadamente al lugar de un accidente para auxiliar a las víctimas, por lo tanto, se vinculan al valor en juego seguridad.

Asistencia en ruta: se refiere al servicio de detectar oportunamente accidentes o vehículos con problemas en la vía, tomar las medidas de seguridad que sean necesarias de acuerdo a procedimientos establecidos y prestar auxilio en forma rápida y eficaz. Por lo tanto, se vincula al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de señalización variable: dado que estos dispositivos tienen la capacidad de informar, indicar limitaciones reglamentarias o advertir a los usuarios, en tiempo real, de situaciones especiales que encontrarán en la vía, se vinculan al valor en juego seguridad.

Concentración de CO : el monóxido de carbono es un gas tóxico incoloro e inodoro y es peligroso porque inhibe la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a órganos vitales como el corazón y el cerebro. Por lo tanto, se vincula al valor en juego seguridad.

Concentración de NO_2 : el dióxido de nitrógeno es un gas tóxico, de color pardo rojizo y de olor muy penetrante. Causa efectos nocivos en la salud, especialmente al sistema respiratorio. Respirar altos niveles de dióxido de nitrógeno durante poco tiempo perjudica las células pulmonares. Puede producir de forma rápida quemaduras en piel, ojos y en los tejidos de la garganta, acumular líquido en los pulmones y llevar a la muerte. Por lo tanto, se vincula al valor en juego seguridad.

Opacidad: la opacidad del aire en un túnel se produce como consecuencia las partículas sólidas en suspensión que contiene, dificultando al conductor la visibilidad clara y definida de los objetos más o menos distantes, y pudiendo hacer la conducción confusa al no tener información visual adecuada (Hacar, F., Jönsson, J., & Vigne, G., 2016). Por lo tanto, se vincula al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de pantallas antideslumbramiento: dado que 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, se vinculan al valor en juego seguridad.

Funcionalidad de cercos y portones: dado que 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, se vinculan al valor en juego seguridad.

En las figuras 2.2.2 y 2.2.3 se presenta la estructura del valor en juego “seguridad”.

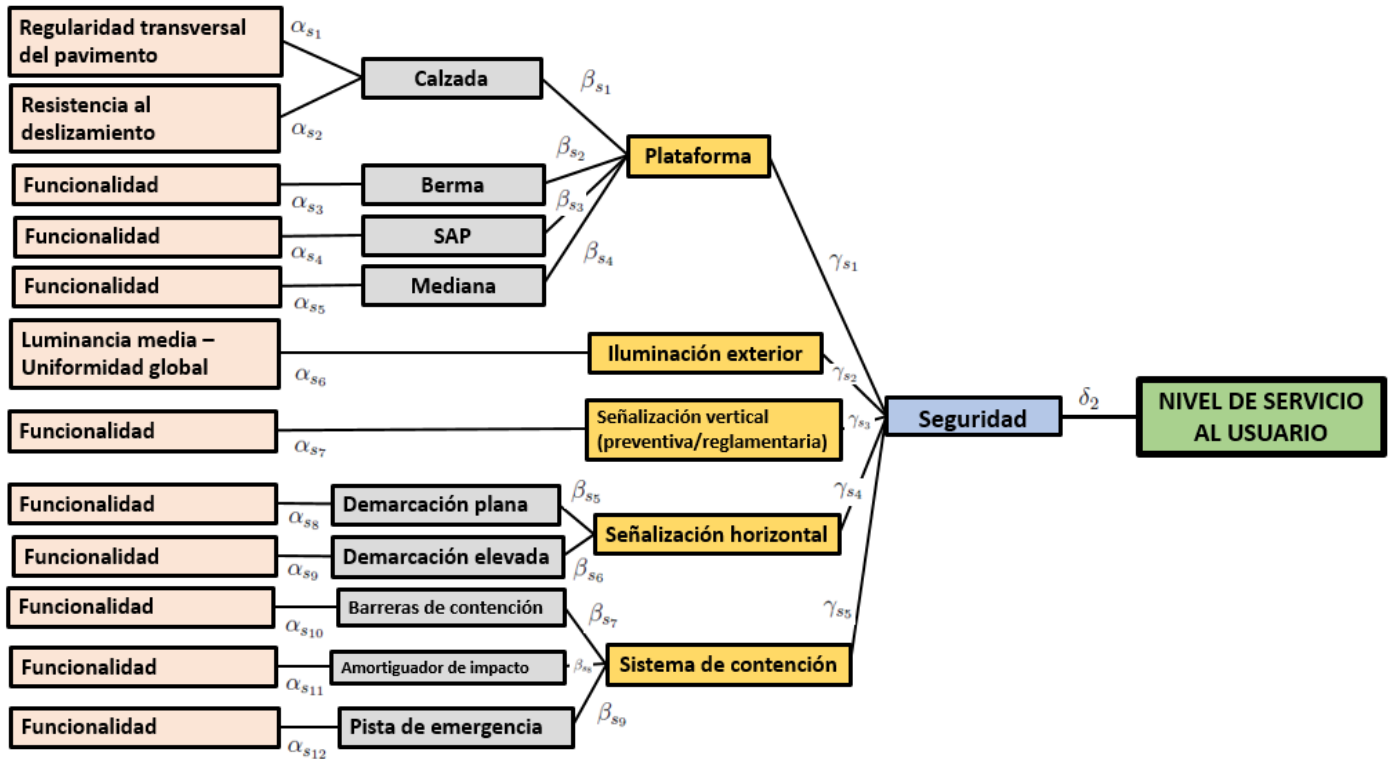


Figura 2.2.2: Estructura del valor en juego “seguridad”.

Fuente: Elaboración propia.

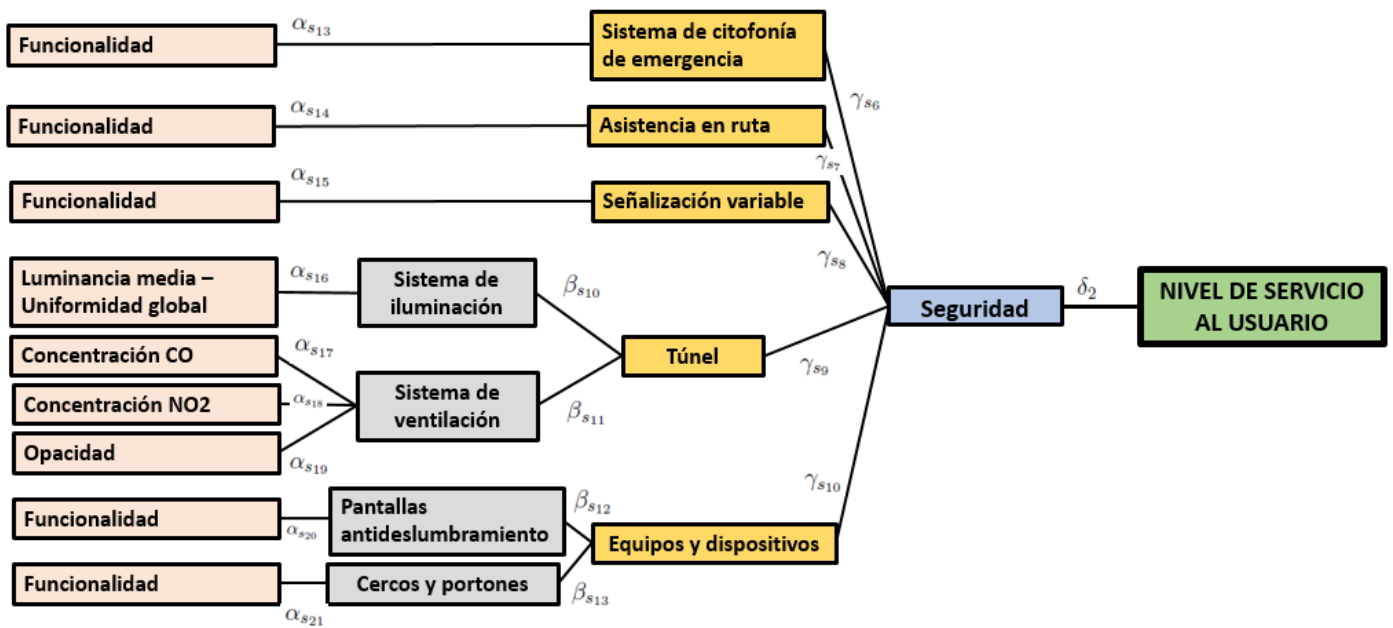


Figura 2.2.3: Estructura del valor en juego “seguridad” (continuación).

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Movilidad y accesibilidad

La movilidad de los usuarios de carreteras concesionadas, está condicionada por aspectos de diseño, como por ejemplo, el número de pistas por sentido de circulación. Además, la movilidad no depende directamente de la condición de los activos viales, sino que de la gestión realizada por la sociedad concesionaria. En el caso de las bases de licitación chilenas (MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a), la movilidad se evalúa a través del indicador “disponibilidad de la vía”, el que establece que: “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, para lo cual deben mantenerse despejadas de cualquier elemento que obstruya el normal flujo de los vehículos”. Sin embargo, algunas actividades influyentes en la movilidad de los usuarios de carreteras y que dependen de la gestión de la sociedad concesionaria, tales como, la realización de obras de conservación, no se consideran como un incumplimiento de la disponibilidad de la vía. Por lo tanto, este indicador no evalúa directamente el efecto en los tiempos de viaje de los usuarios de carreteras concesionadas. Se propone utilizar un indicador que evalúe el aumento en los tiempos de viaje de los usuarios producto de la gestión de la sociedad concesionaria (UTFSM, 2019c).

La accesibilidad de los usuarios de carreteras concesionadas, está condicionada por aspectos de diseño, como por ejemplo, el número de enlaces. La condición de los activos viales durante la etapa explotación que son influyentes en la accesibilidad de los usuarios, son responsabilidad de la sociedad concesionaria. En este contexto, destaca la señalización vertical informativa que tiene como objetivo que los usuarios reciban todas las indicaciones para identificar y encontrar las rutas que los lleven al destino deseado de manera indubitable y oportuna, además de confirmarles que se encuentran en la vía correcta (MOP, 2018d). Por lo tanto, la señalización vertical informativa se vincula al valor en juego “accesibilidad”.

Dado que los valores en juego “movilidad” y “accesibilidad” poseen solo un indicador respectivamente, por razones prácticas se agrupan en un único valor en juego, resultando la estructura de la figura 2.2.4.

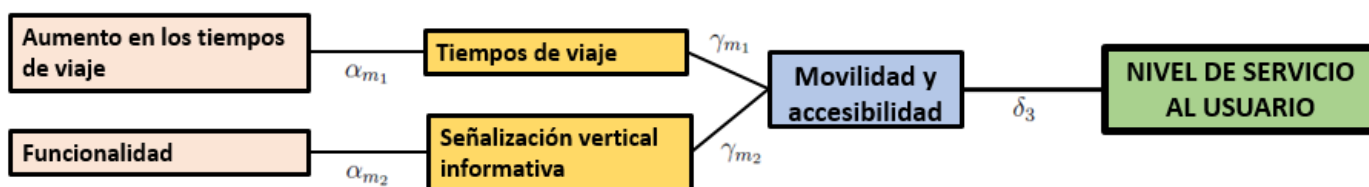


Figura 2.2.4: Estructura del valor en juego “movilidad y accesibilidad”.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Otros

Dado que los servicios de atención a usuarios y gestión de cobro y facturación no influyen directamente en la experiencia de viaje de los usuarios, pero si son relevantes dentro del contexto bajo el cual se evalúa la gestión de un concesionario hacia los usuarios de carreteras, se incluyen dentro del valor en juego “otros”.

Adicionalmente, la limpieza de la concesión tiene una influencia transversal, no directamente atribuible a la comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad del usuario. Por lo tanto, también se incorpora dentro del valor en juego “otros”.

Por último, se incorpora el activo áreas bajo pasos inferiores, ya que su condición no es directamente atribuible a la comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad del usuario.

En definitiva, la estructura del valor en juego “otros” se presenta en la figura 2.2.5.

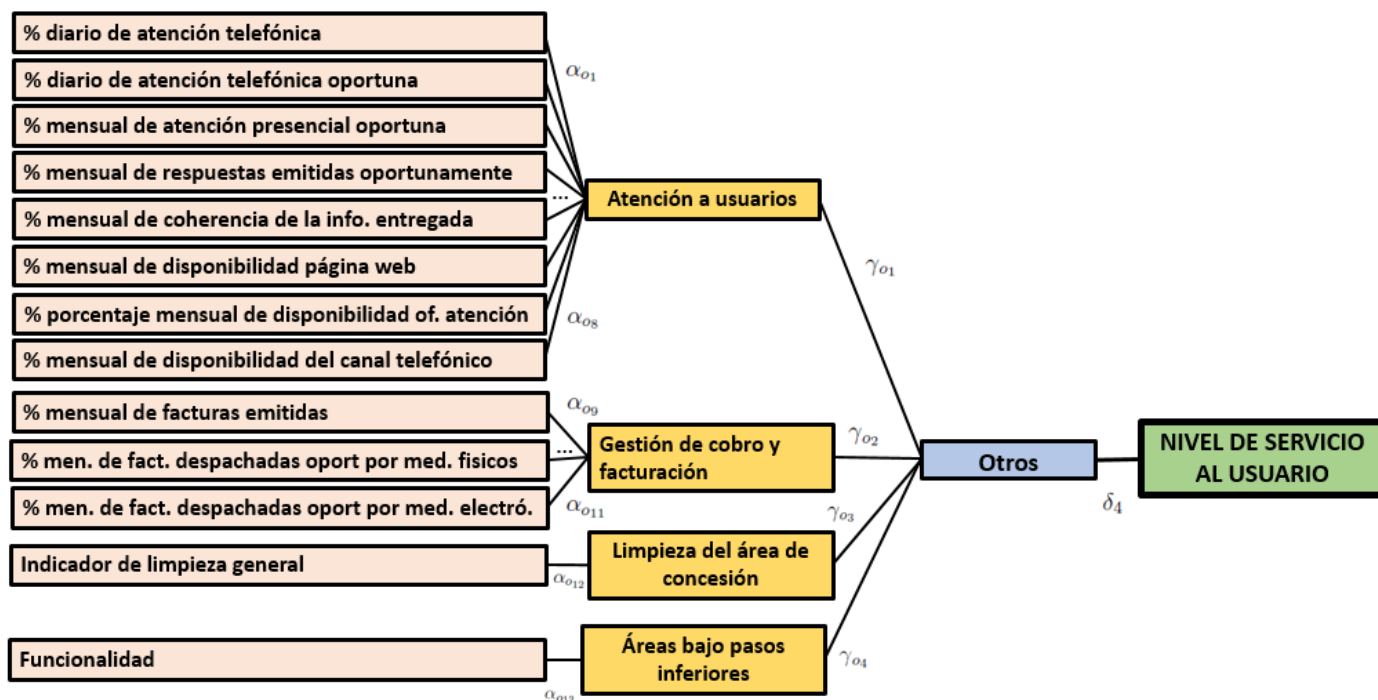


Figura 2.2.5: Estructura del valor en juego “otros”.

Fuente:Elaboración propia.

2.3. Ponderadores de importancia del modelo de nivel de servicio

Los ponderadores (δ_i) definen la importancia relativa, dada por los usuarios, a los distintos valores en juego. Por ejemplo, si la seguridad tiene un ponderador igual a 40 %, mientras que la comodidad tiene un 20 %, significa que este último posee la mitad de importancia para explicar el nivel de servicio entregado a los usuarios.

Por otro lado, los ponderadores ($\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$) definen la importancia relativa entre las distintas características, subactivos y activos viales, respecto de su contribución a los distintos valores en juego. Por ejemplo, si dentro del valor en juego “seguridad”, el activo vial “sistemas de contención” tiene un ponderador igual a 15 % y los “sistemas de citofonía de emergencia” tiene un ponderador igual a 5 %, significa que este último posee un tercio de importancia en su contribución a la seguridad de los usuarios.

En la sección 3.2.1, se utiliza la información de 6674 encuestas a usuarios de 23 carreteras interurbanas concesionadas aplicada por el Ministerio de Obras Públicas de Chile (DGOP, 2016) para estimar los ponderadores de los valores en juego (δ_i). En la sección 3.2.2, se utiliza la técnica discreta multicriterio AHP (Saaty, 1990) para estimar los ponderadores α_i, β_i y γ_i .

2.4. Indicadores técnicos para evaluar características de interés para los usuarios

Para cada una de las características relevantes de evaluar por su influencia en la satisfacción del viaje de los usuarios, se requieren indicadores técnicos y sus respectivas metodologías de medición que permiten caracterizar el desempeño de los activos/subactivos viales presentes en una determinada carretera.

Las etapas para el desarrollo de los indicadores técnicos son generales y se pueden resumir como sigue:

- Identificar características relevantes para evaluar el desempeño de un activo/subactivo vial. Por ejemplo, el ruido de la interacción neumático-pavimento es una característica de interés para evaluar el desempeño del activo plataforma y subactivo calzada, ya que dicha característica tienen una influencia en la comodidad de los usuarios que transitan por la vía.
- Revisar el estado del arte y de la práctica de los parámetros técnicos utilizados para evaluar la característica de interés.
- Analizar las normativas vinculadas a los parámetros técnicos con sus respectivas ventajas y desventajas.
- Identificar los equipos y metodologías de medición con sus respectivas ventajas y desventajas.
- Determinar el parámetro técnico más adecuado, en base a criterios como: el nivel de uso para evaluar el potencial de aplicación, 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.
- Definir detalladamente el indicador técnico, lo que implica determinar:
 - Parámetro técnico.
 - 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 los indicadores técnicos se resumen en “fichas técnicas”. En la figura 2.4.1 se presenta un ejemplo de ficha técnica, que permite evaluar, a través del indicador técnico OAWSI, la característica de interés para los usuarios “nivel de ruido de rodadura”. Se especifica además: la unidad de medida (dBA), frecuencia de medida (anual), normativas de referencia, equipo de medición, longitud de secciones de evaluación (200 m), protocolos de calificación para cada sección (muy malo a muy bueno) de acuerdo al valor del indicador técnico y protocolo de calificación global del indicador técnico de acuerdo al porcentaje de secciones en cada rango del indicador técnico. Por ejemplo, si se cumple simultáneamente que el porcentaje de secciones con OAWSI (en dBA):

- Menor o igual a 100 es mayor o igual a 50 %.
- Entre 100 y 102 es menor o igual a 50 %.
- Entre 102 y 104 es menor o igual a 3 %.
- Entre 104 y 106 es igual a 0 %.
- Mayor a 106 es igual a 0 %.

La calificación global del indicador técnico será “muy bueno”.

IDENTIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA DE INTERÉS PARA LOS USUARIOS					
IT1	Nivel de ruido de rodadura					
INDICADOR TÉCNICO		UNIDAD DE MEDIDA	FRECUENCIA DE MEDIDA			
OAWSI (Overall A-Weighted Sound Intesity Level)		dBA	Anual			
NORMATIVA DE REFERENCIA						
AASHTO T360-16 Measurement of Tire/Pavement Noise Using the On-Board Sound Intesity (OBSI) Method.						
EQUIPO DE MEDICIÓN						
Sistema de medición OBSI (On-Board Sound Intesity), según AASHTO 360-16.						
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES						
La metodología de medición se debe basar en la normativa AASHTO T360-16						
Las mediciones se deben realizar a una velocidad de 95 ± 1.5 km/h.						
En cada pista se debe determinar el nivel general de intensidad de sonido en escala de ponderación A (Overall A-weighted Sound intensity Level) medido y normalizado según AASHTO T360.						
El valor de nivel general de intensidad de sonido en escala de ponderación A se debe determinar en tramos de 200 m, donde se considerará el valor máximo entre las pistas como nivel general de intensidad de sonido en escala de ponderación A del tramo.						
Las mediciones realizadas en puentes y túneles deben ser reportadas, pero no se consideran para efectos de calificación.						
PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN						
(I) Calificación para cada sección de la carretera (200 m) de acuerdo al rango de OAWSI [dBA]						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
≤ 100	]100, 102]	]102, 104]	]104, 106]	> 106
(II) Calificación global del indicador de acuerdo al porcentaje de secciones en cada rango						
		Rangos de OAWSI [dBA]				
		< 100]100, 102]]102, 104]]104, 106]	> 106
Calificación global del indicador	Muy Bueno	$\geq 50\%$	$\leq 50\%$	$\leq 3.0\%$	= 0%	= 0%
	Bueno	$\geq 45\%$		< 55%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	$\leq 100\%$]0,0, 10,0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Figura 2.4.1: Ejemplo de ficha técnica para evaluar una característica de interés para los usuarios.

Fuente:Elaboración propia.

2.5. Metodología de cálculo de nivel de servicio

Se presenta una metodología de cálculo de nivel de servicio que permite generar reportes de calificaciones numéricas y categóricas para todos los componentes del modelo. Esta metodología se define de modo de valorizar desempeños superiores a los mínimos exigidos y entregar información intuitiva del desempeño de la carretera.

2.5.1. Calificación a nivel de indicador técnico

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 la tabla 2.5.1. Por ejemplo, si la calificación global de un indicador técnico obtenida utilizando el protocolo de calificación presentado en su respectiva ficha técnica es “bueno”, de acuerdo a la tabla 2.5.1 se le asocia una calificación numérica igual a 0.75.

Tabla 2.5.1: *Calificación numérica de un determinado indicador técnico en función de su calificación categórica.*

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

Con el propósito de determinar la calificación de nivel de servicio de los demás componentes del modelo (subactivo vial, activo vial, valor en juego y el nivel de servicio global), de acuerdo a la calificación categórica de cada uno de los indicadores técnicos se distinguen dos casos:

1. La calificación categórica del indicador técnico es “justo”, “bueno” o “muy bueno”.
2. La calificación categórica del indicador técnico es “malo” o “muy malo”.

En el primer caso, las calificaciones numéricas de los demás componentes del modelo se determinan a partir de la ponderación lineal de las calificaciones numéricas de los indicadores técnicos. En el segundo caso, la calificación numérica es minorada de acuerdo a dos factores:

- Severidad del incumplimiento del indicador técnico: “malo” o “muy malo”.
- Nivel de importancia de los indicadores técnicos. Definiendo, para cada valor en juego, indicadores técnicos de primer, segundo y tercer nivel de importancia. El objetivo de esta jerarquización es definir los indicadores técnicos que pueden fallar sin afectar directamente las calificaciones categóricas y aquellos para los cuales su falla es inaceptable y si afectan las calificaciones categóricas.

En este contexto, para la determinación de calificaciones categóricas y numéricas dentro del modelo de nivel de servicio, se define una penalización para cada indicador de acuerdo a lo presentado en la tabla 2.5.2. Dicha penalización depende del nivel de importancia del indicador y de su calificación categórica. Por ejemplo, si un indicador técnico de nivel de importancia “2” posee una calificación categórica “malo” se le asocia una penalización igual a 0.02.

Tabla 2.5.2: 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

2.5.2. Calificaciones para subactivos, activos, valor en juego y nivel de servicio global

El protocolo para obtener las calificaciones numéricas de los demás componentes del modelo (subactivo vial, activo vial, valor en juego y nivel de servicio global) se presenta en la figura.

En este contexto, se definen los siguientes parámetros:

CI_i : calificación numérica del indicador técnico “i”.

CS_j : calificación numérica del subactivo vial “j”.

CA_k : calificación numérica del activo vial “k”.

CV_l : calificación numérica del valor en juego “l”.

NSC_m : calificación numérica del nivel de servicio de la concesión en el mes “m”.

α_i : ponderador de importancia del indicador técnico “i”.

β_j : ponderador de importancia del subactivo vial “j”.

γ_k : ponderador de importancia del activo vial “k”.

δ_l : ponderador de importancia del valor en juego “l”.

P_i : penalización del indicador técnico “i” de acuerdo a la tabla 2.5.2.

q : número total de indicadores técnicos vinculados al subactivo vial “j”.

p : número total de indicadores técnicos vinculados al activo vial “k”.

n : número total de indicadores técnicos vinculados al valor en juego “l”.

r : número de subactivos viales vinculados al activo vial “k”.

s : número de activos viales vinculados al valor en juego “l”.

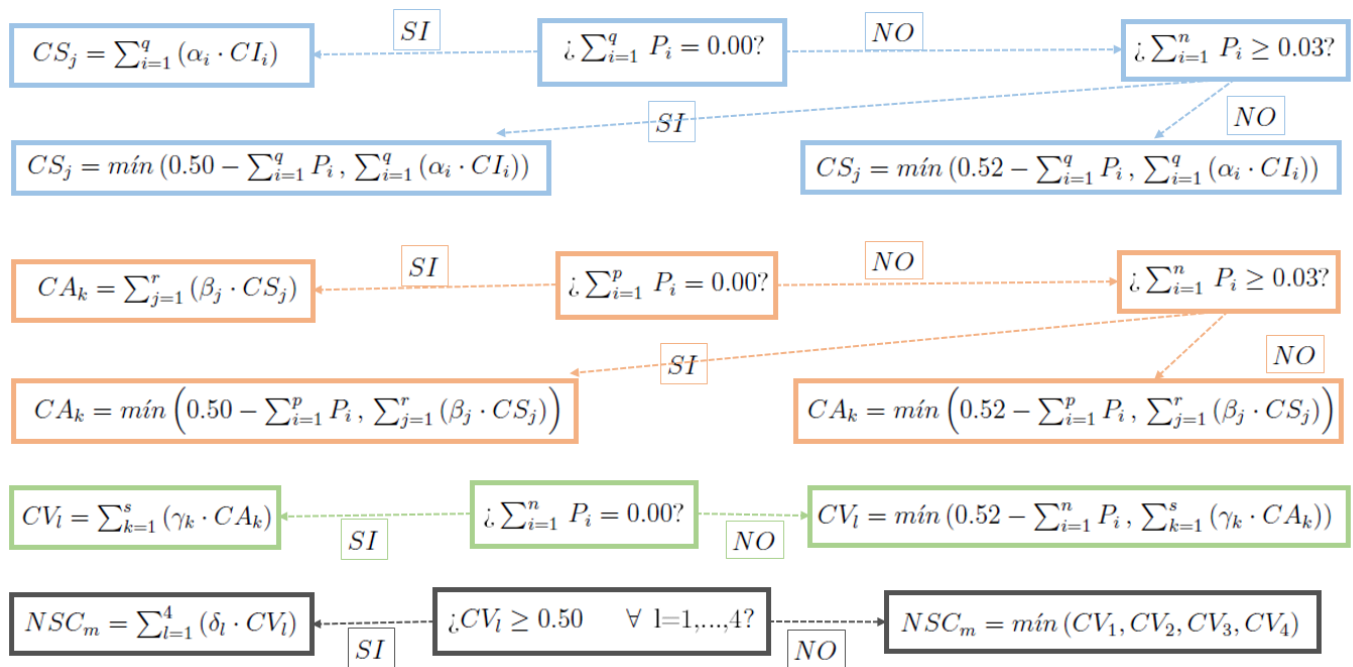


Figura 2.5.1: Protocolo para obtener calificaciones numéricas de componentes del modelo.

Fuente:Elaboración propia.

Una vez obtenida la calificación numérica de cada componente, se determina la calificación categórica de acuerdo a la tabla 2.5.3.

Tabla 2.5.3: Calificación categórica en función de la calificación numérica.

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

Capítulo 3

Caso de estudio

El presente capítulo, tiene por objetivo aplicar a casos particulares el modelo general presentado en el capítulo 2. Por lo tanto, se estructura de la siguiente forma:

- En la sección 3.1, se presenta un análisis de sensibilidad teórico, en el se que evalúa el efecto en la calificación global de nivel de servicio, al modificar la calificación categórica de uno o más indicadores técnicos.
- En la sección 3.2, se describen los enfoques utilizados para obtener los ponderadores de importancia $(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i)$ considerados en el modelo de nivel de servicio, a partir de la información recopilada por encuestas de satisfacción de usuarios de obras viales en Chile (MOP-DGOP, 2016) y la opinión de 37 expertos viales recogida a través de la metodología AHP (Thomas L. Saaty, 1990).
- En la sección 3.3, se ejemplifica la metodología general para el desarrollo de indicadores técnicos, que permitan evaluar las características de interés para los usuarios.
- En la sección 3.4, se desarrolla una propuesta genérica, adaptable a cada proyecto en particular, que permita definir incentivos y penalizaciones, utilizando el modelo de nivel de servicio propuesto.
- En la sección 3.5, se aplica el modelo propuesto a tres carreteras interurbanas chilenas en etapa de explotación.

3.1. Análisis de sensibilidad del modelo de nivel de servicio (caso teórico)

El objetivo del cálculo de nivel de servicio es transformar los datos de inventario y auscultación que se recopilan en las carreteras, en métricas que den cuenta del servicio entregado a los usuarios producto de la gestión de la sociedad concesionaria. Para ello se propuso un modelo que puede implementarse en planillas electrónicas y acoplarse como base de datos geo-referenciadas a sistemas de información geográfica y sistemas de base de datos. El modelo consta de las siguientes etapas: configuración de datos de entrada y determinación de calificaciones categóricas, cálculo de ponderadores, definición de niveles de importancia de indicadores técnicos, evaluación del desempeño.

3.1.1. Configuración de datos de entrada y determinación de calificaciones categóricas

Los datos de entrada provienen del inventario e inspección de activos/subactivos viales de acuerdo a lo estipulado en las respectivas fichas técnicas. Luego, de acuerdo al protocolo de calificación global de cada indicador técnico, se obtiene una calificación categórica (muy malo a muy bueno).

3.1.2. Cálculo de ponderadores

Los ponderadores considerados en el modelo de nivel de servicio ($\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$) se utilizan para determinar la importancia relativa de los distintos componentes del modelo y deben ser determinados para cada caso en particular.

3.1.3. Definición de niveles de importancia de indicadores técnicos

Para cada valor en juego, se deben definir indicadores técnicos de primer, segundo y tercer nivel de importancia. El objetivo de esta jerarquización es definir los indicadores técnicos que pueden fallar sin afectar directamente las calificaciones categóricas y aquellos para los cuales su falla es inaceptable y si afectan las calificaciones categóricas.

3.1.4. Asignación de nivel de servicio

Para asignar el nivel de servicio a cada componente del modelo (indicador técnico, subactivo vial, activo vial, valor en juego, calificación global de nivel de servicio), se propuso un sistema de calificación que asigna calificaciones numéricas (0.00 a 1.00) y categóricas (muy malo a muy bueno).

3.1.5. Ejemplo de cálculo de nivel de servicio

A continuación, se discute la aplicación del modelo a partir de escenarios simulados. En este contexto, se analiza el efecto en la calificación global de nivel de servicio, al modificar la calificación categórica de uno o más indicadores técnicos, manteniendo los demás constantes bajo tres escenarios distintos (E1, E2, E3):

- E1: indicadores técnicos con calificación categórica “justo” (0.50).
- E2: indicadores técnicos con calificación categórica “bueno” (0.75).
- E3: indicadores técnicos con calificación categórica “muy bueno” (1.00).

Los indicadores técnicos considerados para el análisis de sensibilidad del modelo se presentan en la tabla 3.1.1, donde se indica la contribución porcentual de cada indicador técnico al modelo global de nivel de servicio. La nomenclatura adoptada considera una letra y un número.

La letra corresponde a la inicial del valor en juego involucrado:

- C: Comodidad.
- S: Seguridad.
- M: Movilidad y accesibilidad.
- O: Otros.

El número corresponde al nivel de importancia asumido para el indicador técnico:

- 1: primer nivel de importancia.
- 2: segundo nivel de importancia.
- 3: tercer nivel de importancia.

Tabla 3.1.1: *Indicadores técnicos considerados para el análisis de sensibilidad.*

Nomenclatura	Indicador técnico	Aporte porcentual
C1	Mean Roughness Index (MRI)	12.5
C2	Overall Sound Intensity Level	3.7
C3	Aceleración ponderada en puentes	1.5
S1	Índice de condición de señalización vertical	3.6
S2	Índice de condición de demarcaciones planas	2.4
S3 ₁	Índice de condición de sistemas de citofonía de emergencia	1.2
S3 ₂	Índice de condición de cercos y portones	1.0
S3 ₃	Opacidad en túneles	0.8
M1	Aumento en tiempos medios de viaje	27.0
M2	Índice de condición de señalización vertical informativa	3.0
O3	Indicador de limpieza general	2.3

En la tabla 3.1.2 se presenta la calificación numérica global de nivel de servicio (entre 0.000 y 1.000), en función de la calificación categórica (MB, B, J, M, MM) de uno o más indicadores técnicos, considerando los demás constantes bajo un escenario específico (E1, E2, E3). Por ejemplo, bajo el escenario E1, al fijar simultáneamente los indicadores C1, S1 y M1 con las calificaciones categóricas “muy bueno”, “bueno”, “justo”, “malo” y “muy malo” se obtienen las respectivas calificaciones numéricas globales de nivel de servicio 0.716, 0.608, 0.500, 0.275 y 0.050. Dichas calificaciones numéricas globales de nivel de servicio se obtienen a partir de las calificaciones numéricas de los valores en juego, las cuales se presentan en la tabla 3.1.3 en función de las calificaciones categóricas de los indicadores técnicos C1, S1 y M1 bajo el escenario E1. Se distinguen dos casos:

- Las calificaciones de los valores en juego son mayores o iguales a 0.500 (en los casos MB, B y J de la tabla 3.1.3), por lo tanto, las calificaciones numéricas globales de nivel de servicio 0.716, 0.608 y 0.500 de la Tabla 3.1.2 se obtienen a partir de la ponderación relativa de las calificaciones numéricas de los valores en juego de la tabla 3.1.3.
- Las calificaciones de los valores en juego son menores a 0.500 (en los casos M y MM de la tabla 3.1.3), por lo tanto, las calificaciones numéricas globales de nivel de servicio 0.275 y 0.050 de la tabla 3.1.2 se obtienen como la mínima calificación numérica de los valores en juego.

Tabla 3.1.2: *Calificación global de nivel de servicio al modificar la calificación categórica de indicadores técnicos.*

		Calificación categórica del indicador técnico							Calificación categórica del indicador técnico					
Escenario	Indicador técnico	MB	B	J	M	MM	Escenario	Indicador técnico	MB	B	J	M	MM	
E1	C1	0.563	0.531	0.500	0.375	0.250	E1	C2	0.519	0.509	0.500	0.463	0.425	
	S1	0.518	0.509	0.500	0.470	0.420		S2	0.512	0.506	0.500	0.485	0.470	
	M1	0.635	0.568	0.500	0.275	0.050		M2	0.515	0.508	0.500	0.475	0.450	
	C1+S1	0.581	0.540	0.500	0.375	0.250		C2+S2	0.531	0.515	0.500	0.463	0.425	
	C1+M1	0.698	0.599	0.500	0.275	0.050		C2+M2	0.534	0.517	0.500	0.463	0.425	
	S1+M1	0.653	0.577	0.500	0.275	0.050		S2+M2	0.527	0.514	0.500	0.475	0.450	
	C1+S1+M1	0.716	0.608	0.500	0.275	0.050		C2+S2+M2	0.546	0.523	0.500	0.463	0.425	
E2	C1	0.781	0.750	0.719	0.470	0.375	E2	C2	0.759	0.750	0.741	0.688	0.480	
	S1	0.759	0.750	0.741	0.470	0.420		S2	0.756	0.750	0.744	0.650	0.480	
	M1	0.818	0.750	0.683	0.300	0.075		M2	0.758	0.750	0.743	0.675	0.480	
	C1+S1	0.790	0.750	0.710	0.470	0.375		C2+S2	0.765	0.750	0.735	0.588	0.480	
	C1+M1	0.849	0.750	0.651	0.300	0.075		C2+M2	0.767	0.750	0.733	0.613	0.480	
	S1+M1	0.827	0.750	0.674	0.300	0.075		S2+M2	0.764	0.750	0.737	0.575	0.480	
	C1+S1+M1	0.858	0.750	0.642	0.300	0.075		C2+S2+M2	0.773	0.750	0.727	0.513	0.480	
E3	C1	1.000	0.969	0.937	0.470	0.420	E3	C2	1.000	0.991	0.981	0.875	0.480	
	S1	1.000	0.991	0.982	0.470	0.420		S2	1.000	0.994	0.988	0.800	0.480	
	M1	1.000	0.933	0.865	0.325	0.100		M2	1.000	0.993	0.985	0.850	0.480	
	C1+S1	1.000	0.960	0.919	0.470	0.420		C2+S2	1.000	0.985	0.969	0.675	0.480	
	C1+M1	1.000	0.901	0.802	0.325	0.100		C2+M2	1.000	0.983	0.966	0.725	0.480	
	S1+M1	1.000	0.924	0.847	0.325	0.100		S2+M2	1.000	0.987	0.973	0.650	0.480	
	C1+S1+M1	1.000	0.892	0.784	0.325	0.100		C2+S2+M2	1.000	0.977	0.954	0.525	0.480	
E1	C3	0.508	0.504	0.500	0.485	0.470	E1	S3 ₁ +S3 ₂	0.516	0.508	0.500	0.480	0.460	
	S3 ₁	0.506	0.503	0.500	0.493	0.485		S3 ₁ +S3 ₃	0.510	0.505	0.500	0.487	0.475	
	O3	0.511	0.506	0.500	0.388	0.275		S3 ₂ +S3 ₃	0.514	0.507	0.500	0.482	0.465	
	C3+S3 ₁	0.514	0.507	0.500	0.485	0.470		S3 ₁ +S3 ₂ +S3 ₃	0.531	0.510	0.500	0.475	0.450	
	C3+O3	0.519	0.509	0.500	0.388	0.275		E2	S3 ₁ +S3 ₂	0.758	0.750	0.742	0.650	0.480
	S3 ₁ +O3	0.517	0.509	0.500	0.388	0.275			S3 ₁ +S3 ₃	0.755	0.750	0.745	0.650	0.480
	C3+S3 ₁ +O3	0.525	0.512	0.500	0.388	0.275			S3 ₂ +S3 ₃	0.757	0.750	0.743	0.650	0.480
E2	C3	0.754	0.750	0.746	0.690	0.688	S3 ₁ +S3 ₂ +S3 ₃		0.760	0.750	0.740	0.490	0.460	
	S3 ₁	0.753	0.750	0.747	0.654	0.650	E3	S3 ₁ +S3 ₂	1.000	0.992	0.984	0.800	0.480	
	O3	0.756	0.750	0.744	0.738	0.413		S3 ₁ +S3 ₃	1.000	0.995	0.990	0.800	0.480	
	C3+S3 ₁	0.757	0.750	0.743	0.594	0.588		S3 ₂ +S3 ₃	1.000	0.993	0.986	0.800	0.480	
	C3+O3	0.759	0.750	0.741	0.678	0.413		S3 ₁ +S3 ₂ +S3 ₃	1.000	0.990	0.980	0.490	0.480	
	S3 ₁ +O3	0.759	0.750	0.741	0.642	0.413	E1	C2+C3	0.526	0.513	0.500	0.448	0.395	
	C3+S3 ₁ +O3	0.762	0.750	0.738	0.582	0.413		C2+S3 ₁	0.525	0.512	0.500	0.463	0.425	
E3	C3	1.000	0.996	0.993	0.878	0.875		C2+O3	0.530	0.515	0.500	0.388	0.275	
	S3 ₁	1.000	0.997	0.994	0.804	0.800		E2	C2+C3	0.763	0.750	0.737	0.490	0.460
	O3	1.000	0.994	0.989	0.976	0.975			C2+S3 ₁	0.762	0.750	0.738	0.592	0.480
	C3+S3 ₁	1.000	0.993	0.987	0.682	0.675			C2+O3	0.765	0.750	0.735	0.676	0.413
	C3+O3	1.000	0.991	0.981	0.853	0.850			E3	C2+C3	1.000	0.987	0.974	0.490	0.460
	S3 ₁ +O3	1.000	0.991	0.983	0.780	0.775	C2+S3 ₁	1.000		0.988	0.975	0.679	0.480	
	C3+S3 ₁ +O3	1.000	0.988	0.975	0.657	0.650	C2+O3	1.000		0.985	0.970	0.851	0.480	

Tabla 3.1.3: *Calificación numérica de cada valor en juego bajo el escenario E1.*

Valor en juego	Ponderador	Calificación categórica de los indicadores técnicos C1, S1, M1.				
		MB	B	J	M	MM
Comodidad	0.25	0.750	0.625	0.500	0.375	0.250
Seguridad	0.40	0.545	0.523	0.500	0.470	0.420
Movilidad y accesibilidad	0.30	0.950	0.725	0.500	0.275	0.050
Otros	0.05	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500

Además, se verifica que:

- Independiente del escenario analizado (E1, E2, E3) al presentarse uno o más indicadores técnicos de 1° nivel de importancia con calificación categórica “malo” o “muy malo” se tiene una calificación global menor a 0.500, a la que le corresponde una calificación categórica “malo” o “muy malo”.
- A excepción del escenario E1, el modelo admite hasta un indicador técnico de 2° nivel de importancia con calificación “malo” (por valor en juego) para obtener calificaciones numéricas mayores o iguales a 0.500 en cada valor en juego y, en consecuencia, para la calificación numérica global.
- A excepción del escenario E1, el modelo admite (para cada valor en juego) hasta dos indicadores técnicos de 3° nivel de importancia con calificación categórica “malo” para obtener calificaciones numéricas mayores o iguales a 0.500 en cada valor en juego y, en consecuencia, para la calificación numérica global .
- Independiente del escenario (E1, E2, E3), cuando en un valor en juego (en particular el valor en juego “comodidad”) existe un indicador técnico de segundo nivel de importancia y un indicador técnico de tercer nivel de importancia (C2+C3) con calificaciones categóricas “malo” entonces, la calificación numérica del valor en juego es menor a 0.500, y por lo tanto, la calificación global también lo es.
- El modelo es sensible ante los distintos niveles de desempeño de los indicadores técnicos. La variación en la calificación global de nivel de servicio depende de la importancia del indicador técnico la que es cuantificada a partir de su ponderador.

3.2. Definición de ponderadores de importancia del modelo de nivel de servicio

En el presente capítulo, se describen los enfoques utilizados para obtener los ponderadores de importancia ($\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$) considerados en el modelo de nivel de servicio (figura 3.2.1). En base al criterio utilizado para su obtención, los ponderadores se separan en dos grupos:

- Ponderadores de valores en juego (δ_i), que se determinan en la sección 3.2.1.
- Ponderadores de características, subactivos y activos viales ($\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$), que se determinan en la sección 3.2.2.

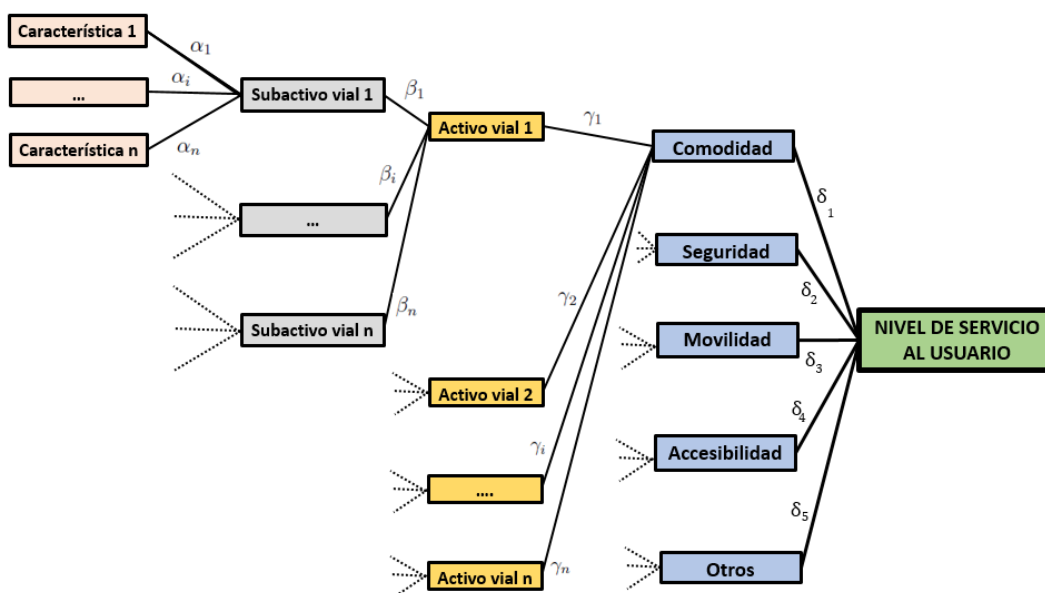


Figura 3.2.1: Esquema conceptual del modelo de nivel de servicio a los usuarios.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Ponderadores de valores en juego

Bajo la hipótesis que la satisfacción de los usuarios que transitan por la vía, se explica a través de los valores en juego identificados en el capítulo 1 (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, de manera aproximada, establecer los ponderadores de importancia de dichos valores en juego (δ_i).

3.2.1.1. Estudios analizados

3.2.1.1.1. Estudio prospectivo sobre infraestructura concesionada (COPSA, 2016)

Durante enero de 2016, la Asociación de Concesionarios de Obras de Infraestructura Pública (COPSA) desarrolló la encuesta denominada “Estudio prospectivo sobre infraestructura concesionada”, cuya ficha técnica se muestra en la tabla 3.2.1.

Tabla 3.2.1: *Ficha técnica de Estudio prospectivo sobre infraestructura concesionada (COPSA, 2016).*

Universo: población de 18 años y más, residentes en 52 comunas del país (de Arica a Punta Arenas). Representa al 82.5% de la población urbana y al 70.7% de la población total del país.
Incluye áreas metropolitanas (regiones V, VIII y RM).
Tamaño muestral: 1.111 encuestas efectivas.
Error muestral: 3.18%.
Nivel de confianza: 95%.

Con el objetivo de evaluar las preferencias de los usuarios, dentro de la encuesta se consideró la pregunta presentada en la figura 3.2.2.

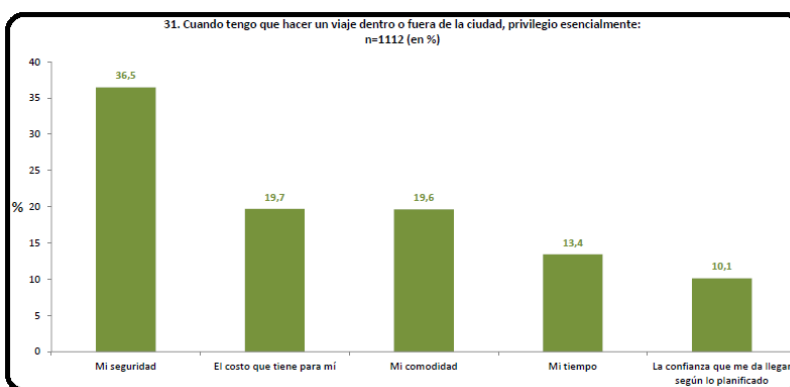


Figura 3.2.2: *Preferencias al viajar dadas por los encuestados.*

Fuente: COPSA (2016)

En base a los resultados, si se considera que las opciones “mi tiempo” (13.4 %) y “la confianza que me da llegar según lo planificado” (10.1 %) se pueden vincular al valor en juego “movilidad”, los resultados se pueden resumir como sigue:

- **Seguridad** (36.5 %).
- **Movilidad** (23.5 %).
- **Costo** (19.7 %).
- **Comodidad** (19.6 %).

Con el objetivo de cuantificar la importancia relativa entre los valores en juego considerados en el modelo de nivel de servicio propuesto, se omite el aporte porcentual del costo (19.7 %) resultando los ponderadores presentados en la figura 3.2.3.

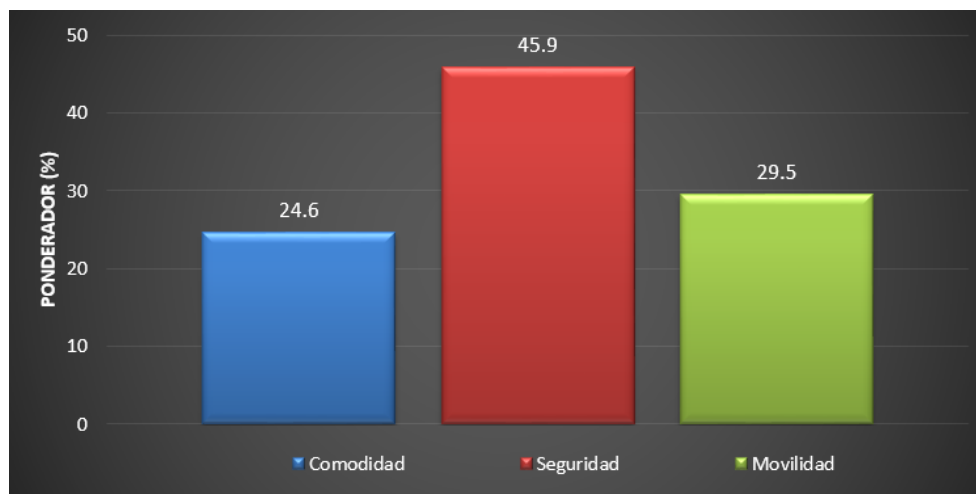


Figura 3.2.3: Ponderadores de valores en juego, obtenidos en base a los resultados de COPSA (2016).

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de COPSA (2016).

3.2.1.1.2. Medición de satisfacción y calidad de servicio percibida por los usuarios de obras viales concesionadas (MOP-DGOP, 2016c)

Desde el 15 de noviembre al 20 de diciembre del 2016, la Dirección General de Obras Públicas (DGOP) desarrolló la tercera medición de satisfacción y calidad de servicio percibida por los usuarios de obras viales concesionadas, la cual consistió en una encuesta presencial por intercepción en carretera con asistencia de Carabineros de Chile.

Se consideraron 23 carreteras interurbanas concesionadas (figura 3.2.4), donde se obtuvo:

- Tamaño muestral: 6.674 encuestas efectivas.
- Error muestral: 1.2 %.
- Nivel de confianza: 95 %.

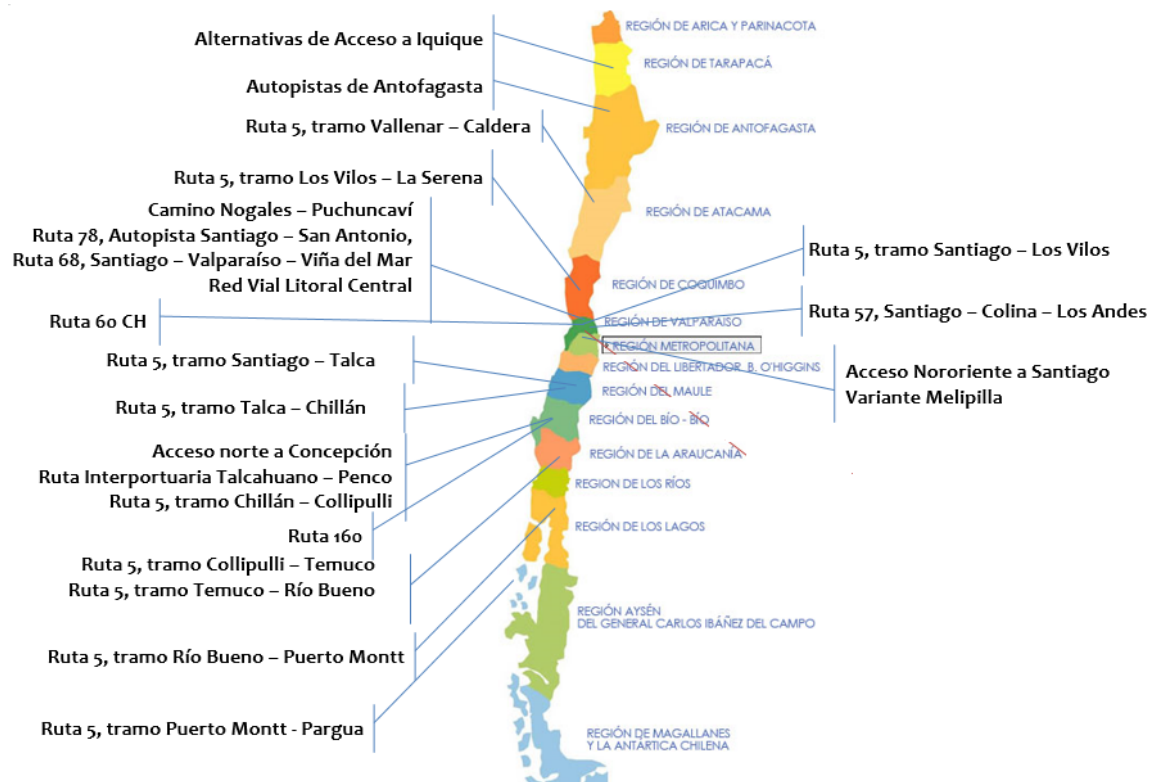


Figura 3.2.4: Carreteras interurbanas concesionadas consideradas en la encuesta.

Fuente: MOP-DGOP (2016c).

Se desarrolló un modelo de regresión lineal múltiple (ecuación 3.2.1), en el que se buscó identificar los atributos críticos (X_i) en la satisfacción (S) y el ranking entre ellos (ponderadores β_i).

$$S = \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n \quad (3.2.1)$$

Respecto de la técnica utilizada:

- Para determinar la importancia relativa (β_i), se aplicó el modelo estadístico multivariado de datos RLM (regresión lineal múltiple) de los atributos con su respectiva pregunta de satisfacción general, para identificar la importancia relativa que cada atributo representa con respecto a la pregunta general. Este peso permite ordenar e identificar atributos con importancia relativa.
- A su vez el coeficiente de correlación (R^2) permite cuantificar, entre valores 0 y 1, el nivel explicativo del modelo. Se considera que un coeficiente de correlación, superior al 50 %, implica que el modelo se encuentra correlacionado con la experiencia general, según la cantidad de casos.

En las tablas 3.2.2 y 3.2.3 se presentan los atributos de satisfacción medidos:

Tabla 3.2.2: *Atributos de satisfacción medidos (MOP-DGOP, 2016c).*

Atributos	Descripción
Pavimento	El estado del pavimento, considerando lo parejo y vibraciones en la ruta.
	La adherencia del pavimento.
Señalización	La señalización, considerando cantidad, ubicación visible en la ruta y si permite llegar a destino.
Información variable	La información sobre riesgos y nivel de congestión, considerando la cantidad y si es oportuna.
Iluminación	La iluminación, considerando zonas de riesgo (cruces, curvas, pendientes), zonas pobladas y si permite ver objetos o personas en la ruta.
Segregación de la calzada	El tránsito, considerando que peatones, ciclistas, carretas y animales no estén transitando o cruzando la ruta.
Barreras de contención	Las barreras de contención, tanto laterales como centrales, considerando si entregan sensación de seguridad en la ruta.
Limpieza	La limpieza en la vía (calzadas y bermas).

Tabla 3.2.3: *Atributos de satisfacción medidos (continuación).*

Atributos	Descripción
Congestión / constancia velocidad	El nivel de congestión en la ruta.
Cantidad de pistas	La cantidad de pistas, considerando cada sentido de la ruta.
Fluidez en accesos y salidas	El acceso a la carretera, considerando la fluidez al ingresar a la ruta.
	Las salidas de la carretera, considerando la fluidez.
Calidad del aire en túneles	La sensación de seguridad en túneles, considerando alguna emergencia como accidente, incendio o terremoto.
Medidas de contingencia	Las medidas de contingencia, considerando días festivos, emergencias o accidentes en la ruta.
Facturación / peaje	El proceso de pago, considerando si es expedito y rápido al llegar a una plaza de peaje.
Plazas de pesaje / áreas de descanso	Las plazas de pesaje, considerando el proceso de pesaje y el regreso a la carretera (Sólo Usuarios Productivos).
	Las áreas de descanso, considerando su cantidad, frecuencia en la ruta y disponibilidad para uso (Sólo Usuarios Productivos).

En la figura 3.2.5 se presentan los resultados que permiten ordenar e identificar atributos según su importancia relativa:

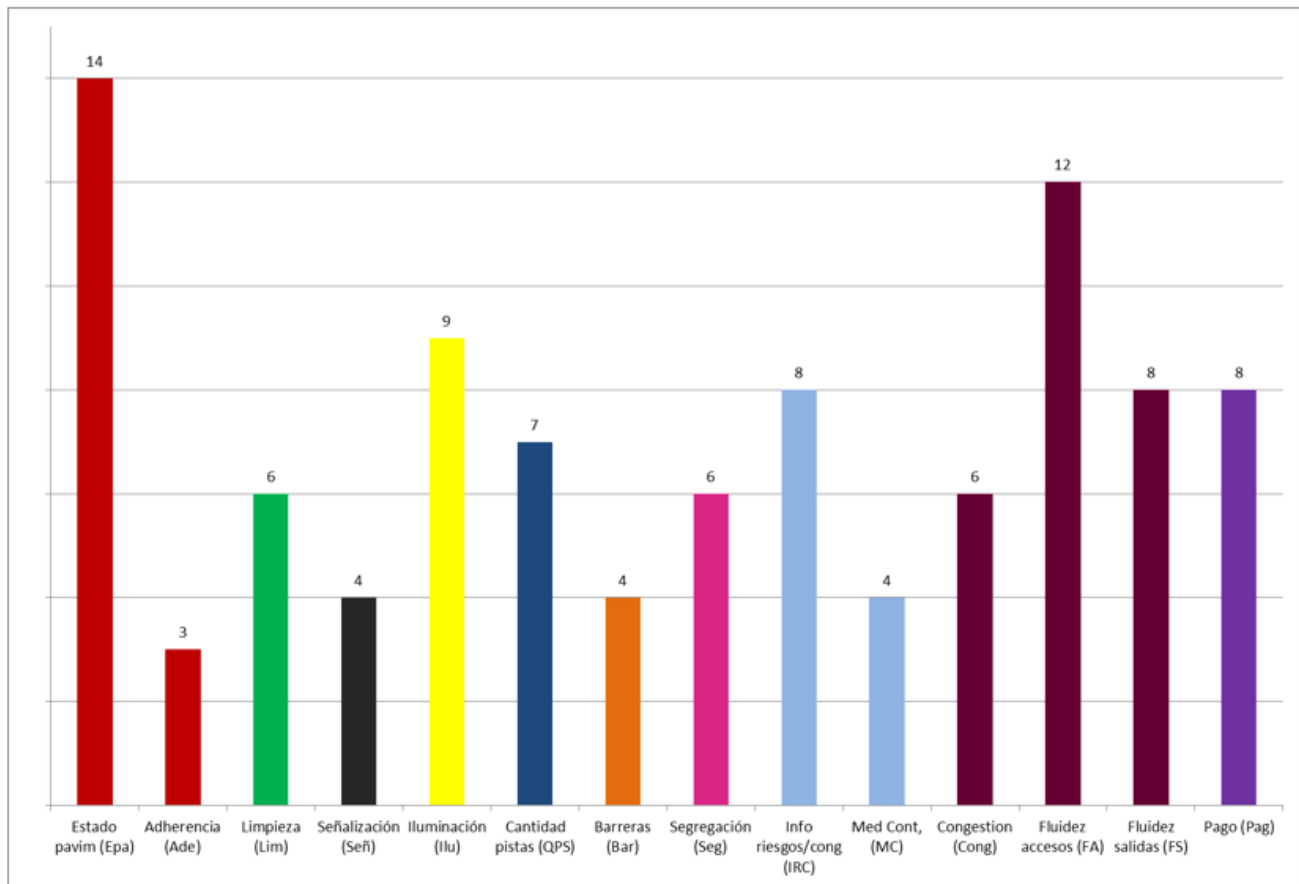


Figura 3.2.5: *Importancia relativa de atributos (en porcentaje).*

Fuente: MOP-DGOP (2016).

Dado el enfoque planteado en el estudio desarrollado por MOP-DGOP (2016c), en el que los usuarios valoran atributos específicos de la carretera, los resultados presentados en la figura 3.2.5 no permiten obtener directamente los ponderadores de los distintos valores en juego (seguridad, comodidad, movilidad y accesibilidad). Sin embargo, es posible generar una vinculación entre los distintos atributos específicos valorados por los usuarios y sus respectivos valores en juego asociados. En este contexto, se genera la matriz presentada en la tabla 3.2.4, en la cual es posible vincular atributos específicos valorados por los usuarios con uno o más valores en juego asociados.

Tabla 3.2.4: *Matriz de vinculación entre atributos específicos y valores en juego.*

Atributos relevantes	Ranking	Ponderador	VALORES EN JUEGO				
			Comodidad	Seguridad	Movilidad	Accesibilidad	Otros
El estado del pavimento, considerando lo parejo y vibraciones en la ruta.	1	0.14					
El acceso a la carretera, considerando la fluidez al ingresar a la ruta.	2	0.12					
La iluminación, considerando zonas de riesgo (cruces, curvas, pendientes), zonas pobladas y si permite ver objetos o personas en la ruta.	3	0.09					
La información sobre riesgos y nivel de congestión, considerando la cantidad y si es oportuna.	4	0.08					
Las salidas de la carretera, considerando la fluidez.	5	0.08					
El proceso de pago, considerando si es expedito y rápido al llegar a una plaza de peaje.	6	0.08					
La cantidad de pistas, considerando cada sentido de la ruta.	7	0.07					
La limpieza en la vía (calzadas y bermas).	8	0.06					
El nivel de congestión en la ruta.	9	0.06					
El tránsito, considerando que peatones, ciclistas, carretas y animales no estén transitando o cruzando la ruta.	10	0.06					
La señalización, considerando cantidad, ubicación visible en la ruta y si permite llegar a destino.	11	0.04					
Las barreras de contención, tanto laterales como centrales, considerando si entregan sensación de seguridad en la ruta.	12	0.04					
Las medidas de contingencia, considerando días festivos, emergencias o accidentes en la ruta.	13	0.04					
La adherencia del pavimento.	14	0.03					

La tabla 3.2.4 es presentada a un conjunto de expertos pertenecientes a las siguientes entidades:

- Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (4 expertos).
- Comité asesor del Consejo de Políticas de Infraestructuras (6 expertos).
- Universidad Técnica Federico Santa María - Universidad de Concepción (11 expertos).

A dichos expertos se les solicita marcar con una “X” el o los valores en juego asociados con los atributos relevantes valorados por los usuarios. Por ejemplo, si “el estado del pavimento, considerando lo parejo y vibraciones en la ruta” se asocia exclusivamente a la “comodidad” del usuario se debe marcar una X en dicho valor en juego.

Los expertos completan dicha matriz y en base a la ponderación relativa de los distintos atributos relevantes, se obtienen los ponderadores de importancia de cada uno de los valores en juego. En la figura 3.2.6 se presentan los ponderadores separados por entidad (UTFSM-UdeC, DGCOP, CPI) y agrupados como ponderadores promedio de las 3 entidades independientes.

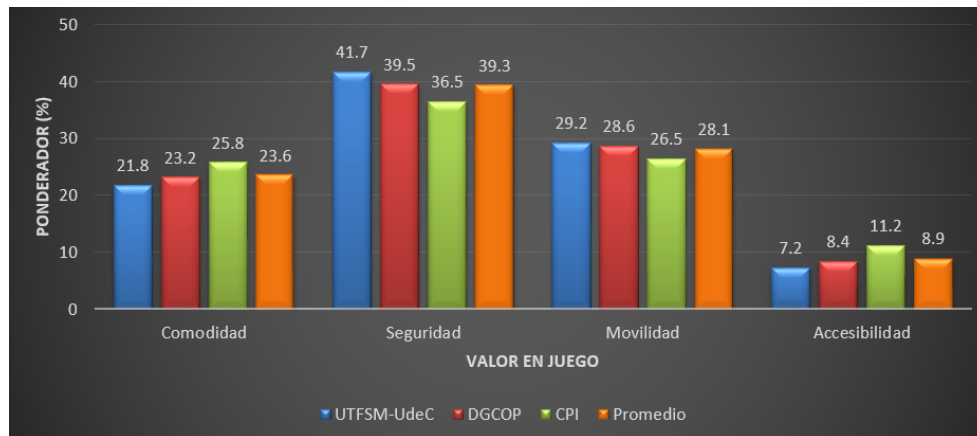


Figura 3.2.6: Ponderadores de valores en juego obtenidos en base a MOP-DGOP (2016c).

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 3.2.6 se verifica que los resultados son similares para las 3 entidades consideradas, por lo tanto, para los análisis posteriores se utilizan los ponderadores promedio.

3.2.1.2. Propuesta de ponderadores de valores en juego

Dado que en el estudio que se presenta en la sección 3.2.1.1.1 (COPSA, 2016), no se han considerado algunos atributos relevantes para los usuarios, como por ejemplo :

- Atención a usuarios.
- Gestión de cobro y facturación.
- Limpieza de la concesión.

Se establece que el valor en juego “otros” posea un ponderador igual a 5%. Además, por definición la encuesta desarrollada por COPSA (2016) no contempla atributos asociados al valor en juego “accesibilidad”, por lo tanto, se propone incorporar dicho valor en juego con un ponderador igual a 5%.

Si se consideran los supuestos anteriores y se agrupan los valores en juego “movilidad” y “accesibilidad” (de acuerdo a lo identificado en el capítulo 1), se obtienen los ponderadores presentados en la figura 3.2.7:

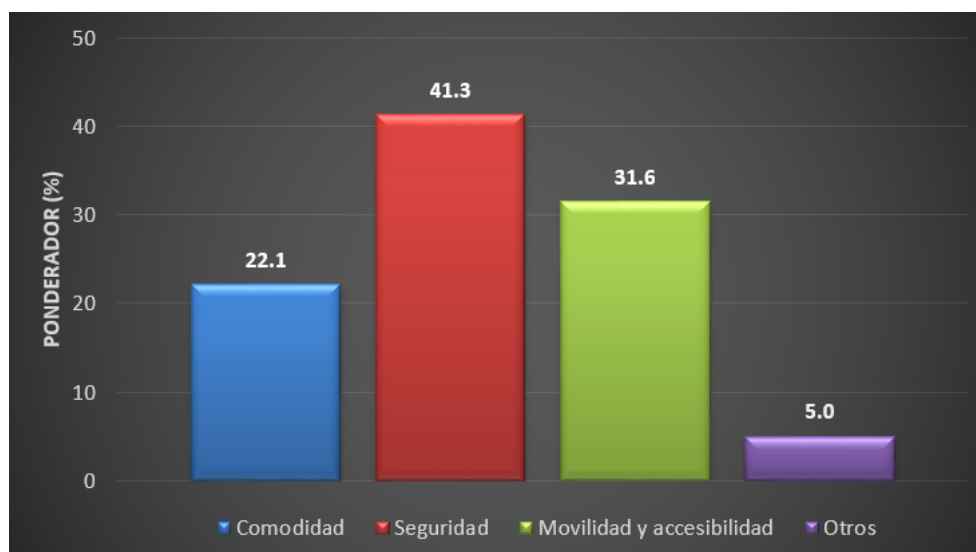


Figura 3.2.7: Ponderadores de valores en juego en base a COPSA (2016).

Fuente: Elaboración propia

De forma similar, en los resultados obtenidos en la sección 3.2.1.1.2 se incorpora el valor en juego “Otros” con un ponderador igual a 5 %. Además, de acuerdo a lo identificado en el capítulo 1, se agrupan los valores en juego “movilidad” y “accesibilidad”, obteniéndose los ponderadores presentados en la figura:

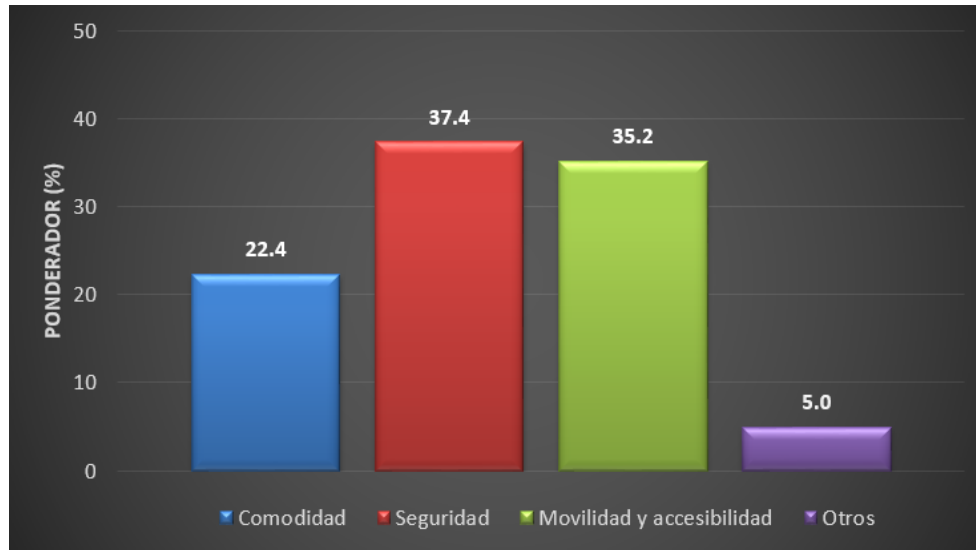


Figura 3.2.8: *Ponderadores de valores en juego en base a MOP-DGOP (2016).*

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.2.9 se presentan de manera compacta los ponderadores obtenidos utilizando la información descrita en la secciones 3.2.1.1.1 (COPSA, 2016) y 3.2.1.1.2 (MOP-DGOP, 2016c). Además, se presentan los ponderadores promedio considerando ambos enfoques.

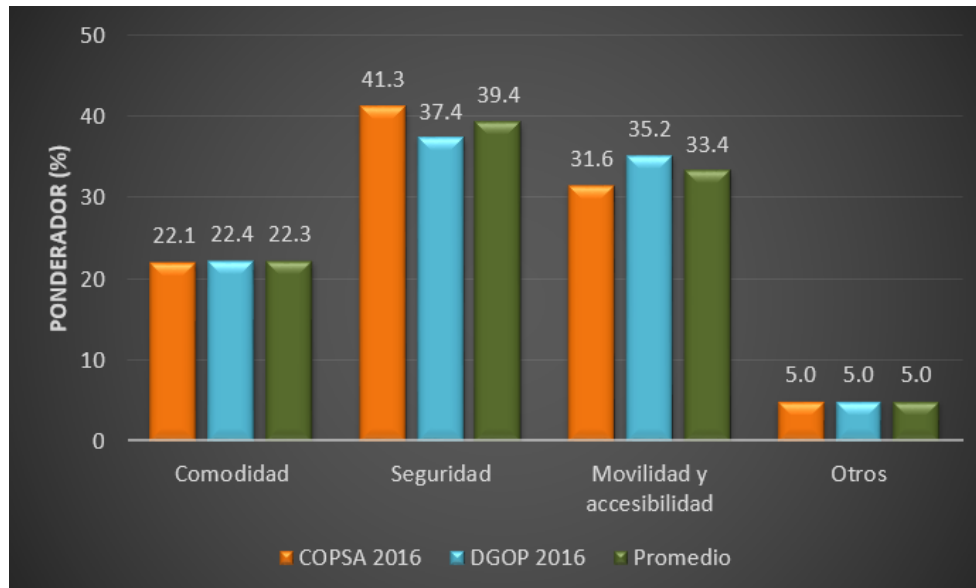


Figura 3.2.9: *Ponderadores de valores en juego.*

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que las exigencias demandadas por los usuarios son variables en el tiempo y que además los ponderadores presentados en la figura 3.2.9 han sido obtenidos de forma indirecta a partir de la información existente, para futuros trabajos de investigación se plantea la necesidad de desarrollar una metodología específica que permita cuantificar la importancia que los usuarios otorgan a los valores en juego definidos en el modelo de nivel de servicio.

Mientras no se disponga de antecedentes más detallados, rigurosos y actualizados que permitan cuantificar la importancia que los usuarios que transitan por la vía otorgan a cada uno de los valores en juego en su experiencia de viaje, se propone la siguiente ponderación relativa:

- Seguridad (40 %).
- Movilidad y accesibilidad (30 %).
- Comodidad (25 %).
- Otros (5 %).

3.2.2. Ponderadores de activos/subactivos viales y características relevantes

Se plantea la hipótesis que los usuarios de carreteras no pueden valorar de forma apropiada la influencia que tiene cada uno de los activos/subactivos viales y características en su comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad. Por ejemplo, los usuarios no perciben la oferta de fricción provista por el pavimento ni la regularidad transversal del mismo, por lo tanto, no pueden cuantificar adecuadamente la importancia relativa que tienen estas características sobre su seguridad. En este contexto, las secciones 3.2.2.1, 3.2.2.2 y 3.2.2.3 presentan las metodologías empleadas para determinar los ponderadores de importancia $(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i)$ del modelo de nivel de servicio presentado en la figura 3.2.10, las cuales se fundamentan principalmente en la opinión de expertos.

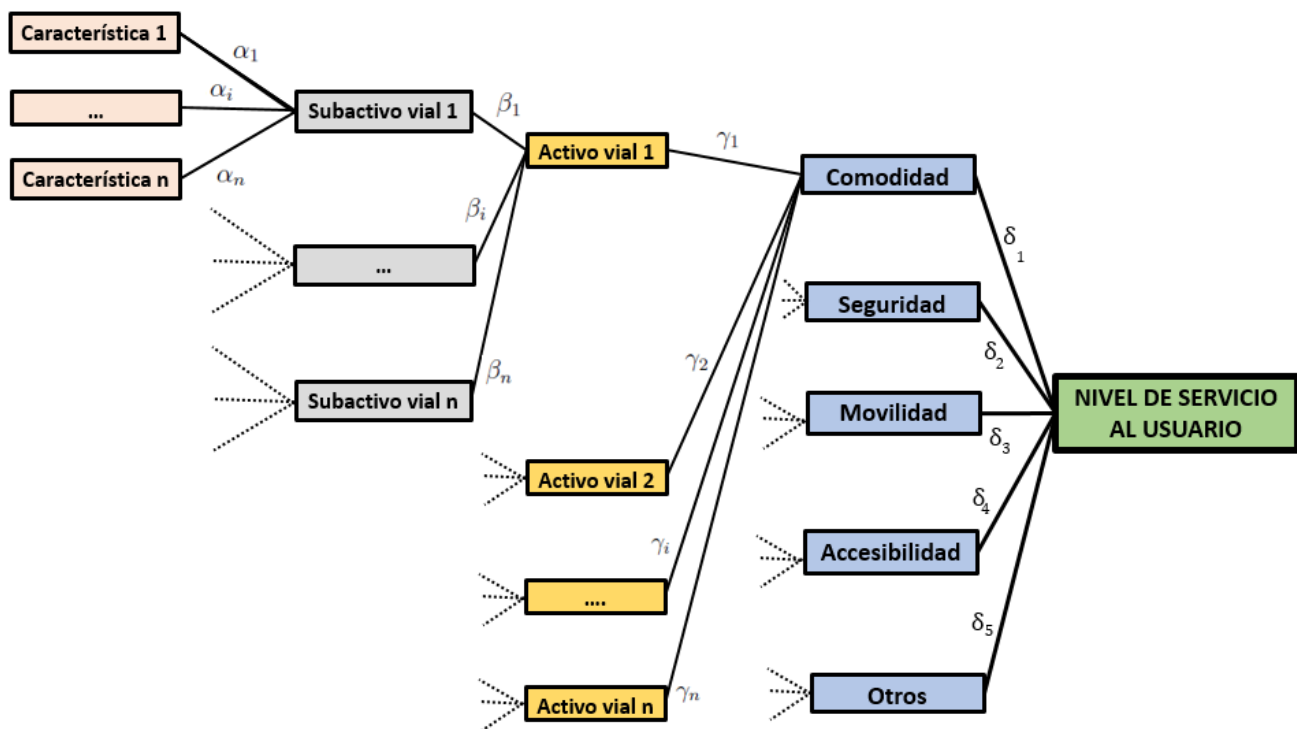


Figura 3.2.10: Esquema conceptual del modelo de nivel de servicio prestado al usuario que transita por la vía.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.1. Ponderadores de activos/subactivos y características que influyen en la comodidad y seguridad del usuario

Con el objetivo de determinar los ponderadores de importancia de los activos/subactivos y características que influyen en la comodidad y seguridad del usuario, se recoge la opinión de un grupo de expertos utilizando la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process).

La metodología AHP (Analytic Hierarchy Process) es una técnica multicriterio discreta que pretende proporcionar una evaluación cuantitativa para las alternativas inherentes a problemas en los que concurren varios criterios (o juicios subjetivos), sin necesidad de que los decisores hagan explícitas sus preferencias ni cuantifiquen exhaustivamente la contribución de cada alternativa (Thomas L. Saaty, 1990). Las preferencias, o más adecuadamente la prelación de cada alternativa frente al resto, se infieren a partir de comparaciones sucesivas codificadas de acuerdo con la escala convencional presentada en la tabla 3.2.5.

Tabla 3.2.5: *Escala fundamental AHP (Thomas L. Saaty, 1990)*

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen de igual manera al objetivo
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente un elemento sobre otro
7	Importancia muy fuerte	Un elemento es favorecido muy fuertemente sobre otro, su dominio está demostrado en la práctica
9	Importancia extrema	La evidencia a favor de un elemento sobre otro es del más alto orden de afirmación posible

El método utilizado para obtener los ponderadores a partir de los resultados de la encuesta de evaluación por pares es el propuesto por Thomas L. Saaty (1990) denominado “Autovector por la derecha”, el cual consiste en elevar la matriz de juicios a una potencia suficientemente grande, el proceso concluye cuando la diferencia entre dos potencias consecutivas sea pequeña (Jiménez, J. M. M., 2002). Luego, mediante la división de la suma de cada fila por la suma total, se obtiene el ponderador para cada elemento considerado.

Una vez concluido el proceso anterior se tendrá un conjunto de ponderadores para cada encuestado, donde la forma de combinarlos es a través de la media geométrica, ya que esta es la única forma de preservar la propiedad de reciprocidad al combinar opiniones individuales en comparaciones por pares (Aczél & Saaty, 1983; Thomas L. Saaty & Vargas, 1991).

La metodología AHP se presenta en formato de encuesta a un conjunto de 37 de expertos pertenecientes a las siguientes entidades:

- Dirección de Concesiones de Obras Públicas (21 expertos).
- Comité asesor del Consejo de Políticas de Infraestructuras (5 expertos).
- Universidad Técnica Federico Santa María - Universidad de Concepción (11 expertos).

A modo de ejemplo, a los expertos se les solicita comparar la importancia relativa entre la regularidad longitudinal de pavimento respecto del ruido de la interacción neumático-pavimento en la contribución a la comodidad general del viaje, para tal efecto se les presenta la tabla 3.2.6. Todos los análisis comparativos (de a pares) se deben realizar horizontalmente, la “X” (solo una) se debe marcar en el sentido (izquierda o derecha) del activo vial/subactivo vial/característica más importante según el encuestado. Por ejemplo, si a juicio del experto, la regularidad longitudinal del pavimento tiene una importancia fuerte respecto del ruido de la interacción neumático-pavimento en la contribución a la comodidad general del viaje, se debe marcar una “X” (solo una) como se muestra en la tabla 3.2.7.

Tabla 3.2.6: *Análisis comparativo entre regularidad longitudinal del pavimento y ruido de la interacción neumático-pavimento.*

	Importancia extrema	Importancia muy fuerte	Importancia fuerte	Importancia moderada	Igual importancia	Importancia moderada	Importancia fuerte	Importancia muy fuerte	Importancia extrema	
INDICADOR	9	7	5	3	1	3	5	7	9	INDICADOR
Regularidad longitudinal del pavimento										Ruido de la interacción neumático - pavimento

Tabla 3.2.7: *Ejemplo de análisis comparativo entre características que influyen en la comodidad del usuario.*

	Importancia extrema	Importancia muy fuerte	Importancia fuerte	Importancia moderada	Igual importancia	Importancia moderada	Importancia fuerte	Importancia muy fuerte	Importancia extrema	
INDICADOR	9	7	5	3	1	3	5	7	9	INDICADOR
Regularidad longitudinal del pavimento			X							Ruido de la interacción neumático - pavimento

Al grupo de expertos se les solicita realizar los siguientes 5 análisis comparativos, en el formato matricial presentado en las tablas 3.2.8, 3.2.9, 3.2.10, 3.2.11 y 3.2.12.

1) Comparación de los siguientes activos viales respecto de su contribución a la comodidad general del viaje:

- Plataforma: considerando la regularidad longitudinal de pavimento y el nivel de ruido de la interacción neumático-pavimento.
- Puentes: considerando las vibraciones al transitar por el.
- Iluminación exterior: considerando la uniformidad longitudinal de la iluminación.
- Iluminación túnel: considerando la uniformidad longitudinal de la iluminación.
- Instalaciones: considerando el aporte de la condición general de áreas de servicios y paraderos.

Tabla 3.2.8: *Matriz de comparación de activos que influyen en la comodidad del usuario.*

	Importancia extrema	Importancia muy fuerte	Importancia fuerte	Importancia moderada	Igual importancia	Importancia moderada	Importancia fuerte	Importancia muy fuerte	Importancia extrema	
ACTIVO	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ACTIVO
Plataforma										Puentes
Plataforma										Iluminación exterior
Plataforma										Iluminación túnel
Plataforma										Instalaciones
Puentes										Iluminación exterior
Puentes										Iluminación túnel
Puentes										Instalaciones
Iluminación exterior										Iluminación túnel
Iluminación exterior										Instalaciones
Iluminación túnel										Instalaciones

2) Comparación de las características presentadas en la tabla 3.2.9 respecto de su contribución a la comodidad general del viaje:

Tabla 3.2.9: *Análisis comparativo entre regularidad longitudinal del pavimento y ruido de la interacción neumático-pavimento.*

	Importancia extrema	Importancia muy fuerte	Importancia fuerte	Importancia moderada	Igual importancia	Importancia moderada	Importancia fuerte	Importancia muy fuerte	Importancia extrema	
INDICADOR	9	7	5	3	1	3	5	7	9	INDICADOR
Regularidad longitudinal del pavimento										Ruido de la interacción neumático - pavimento

3) Comparación de los siguientes activos respecto de la contribución a la seguridad del viaje:

- Plataforma: considerando la regularidad transversal del pavimento y la resistencia al deslizamiento, descenso y erosión de la berma, desnivel de la mediana y el sobreelevado de la plataforma (SAP).
- Iluminación exterior: considerando la uniformidad global y luminancia media de la iluminación.
- Señalización vertical: considerando su funcionalidad.
- Demarcaciones planas y elevadas: considerando su funcionalidad.
- Sistemas de contención: considerando su funcionalidad.
- Sistemas de citofonía de emergencia: considerando su funcionalidad.
- Asistencia en ruta: considerando el porcentaje de eventos asistidos oportunamente.
- Señalización variable: considerando su funcionalidad.
- Túnel: considerando la condición general de los sistemas de iluminación y ventilación.

Tabla 3.2.10: Matriz de comparación de activos que influyen en la seguridad del usuario.

	Importancia extrema	Importancia muy fuerte	Importancia fuerte	Importancia moderada	Igual importancia	Importancia moderada	Importancia fuerte	Importancia muy fuerte	Importancia extrema	
ACTIVO	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ACTIVO
Plataforma										Iluminación exterior
Plataforma										Señalización vertical
Plataforma										Demarcaciones planas y elevadas
Plataforma										Sistemas de contención
Plataforma										Sistema de citofonía de emergencia
Plataforma										Asistencia en ruta
Plataforma										Señalización variable
Plataforma										Túnel
Iluminación exterior										Señalización vertical
Iluminación exterior										Demarcaciones planas y elevadas
Iluminación exterior										Sistemas de contención
Iluminación exterior										Sistema de citofonía de emergencia
Iluminación exterior										Asistencia en ruta
Iluminación exterior										Señalización variable
Iluminación exterior										Túnel
Señalización vertical										Demarcaciones planas y elevadas
Señalización vertical										Sistemas de contención
Señalización vertical										Sistema de citofonía de emergencia
Señalización vertical										Asistencia en ruta
Señalización vertical										Señalización variable
Señalización vertical										Túnel
Demarcaciones planas y elevadas										Sistemas de contención
Demarcaciones planas y elevadas										Sistema de citofonía de emergencia
Demarcaciones planas y elevadas										Asistencia en ruta
Demarcaciones planas y elevadas										Señalización variable
Demarcaciones planas y elevadas										Túnel
Sistemas de contención										Sistema de citofonía de emergencia
Sistemas de contención										Asistencia en ruta
Sistemas de contención										Señalización variable
Sistemas de contención										Túnel
Sistema de citofonía de emergencia										Asistencia en ruta
Sistema de citofonía de emergencia										Señalización variable
Sistema de citofonía de emergencia										Túnel
Asistencia en ruta										Señalización variable
Asistencia en ruta										Túnel
Señalización variable										Túnel

4) Comparación de los siguientes subactivos viales respecto de la contribución a la seguridad del viaje:

- Calzada: considerando la regularidad transversal del pavimento y la resistencia al deslizamiento.
- Berma: considerando el descenso (diferencia de altura entre el borde de la calzada y la berma) y la erosión de esta.
- Sobreancho de plataforma (SAP): considerando su desnivel (diferencia de altura entre el borde externo de la berma y el sobreancho de plataforma).
- Mediana: considerando la diferencia de nivel entre el borde del pavimento y la mediana.

Tabla 3.2.11: *Matriz de comparación de subactivos de plataforma que influyen en la seguridad del usuario.*

	Importancia extrema	Importancia muy fuerte	Importancia fuerte	Importancia moderada	Igual importancia	Importancia moderada	Importancia fuerte	Importancia muy fuerte	Importancia extrema	
ACTIVO	9	7	5	3	1	3	5	7	9	ACTIVO
Calzada										Berma
Calzada										SAP
Calzada										Mediana
Berma										SAP
Berma										Mediana
SAP										Mediana

5) Comparación de las siguientes características respecto de su contribución a la seguridad general del viaje:

- Resistencia al deslizamiento.
- Regularidad transversal del pavimento.

Tabla 3.2.12: *Análisis comparativo entre fricción y ahuellamiento de pavimento.*

	Importancia extrema	Importancia muy fuerte	Importancia fuerte	Importancia moderada	Igual importancia	Importancia moderada	Importancia fuerte	Importancia muy fuerte	Importancia extrema	
INDICADOR	9	7	5	3	1	3	5	7	9	INDICADOR
Resistencia al deslizamiento										Regularidad transversal del pavimento

Junto al set de ponderadores obtenidos para cada experto, se calcula la razón de consistencia CR (Consistency Ratio), la que está diseñada de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes (Jiménez, J. M. M., 2002); es probable que en estos casos el tomador de decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Para el presente análisis, se considera que los valores de la razón de consistencia menores a 0.10 son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas, y por lo tanto, son los considerados para determinar los ponderadores de importancia.

En las figuras 3.2.11, 3.2.12, 3.2.13, 3.2.14 y 3.2.15 se presentan los ponderadores obtenidos siguiendo la metodología descrita, los cuales se han separados en 6 casos. En los primeros 4 casos (UTFSM, UdeC, DGC, CPI) se agrupan los ponderadores obtenidos otorgando la misma importancia a cada uno de los expertos de una misma entidad, en el 5° caso (Institución) se utilizan los ponderadores obtenidos para cada entidad y se agrupan otorgando la misma importancia a cada una de estas entidades. Por último, el 6° caso (Expertos) agrupa los ponderadores obtenidos para el total de los expertos otorgándole la misma importancia a cada uno.

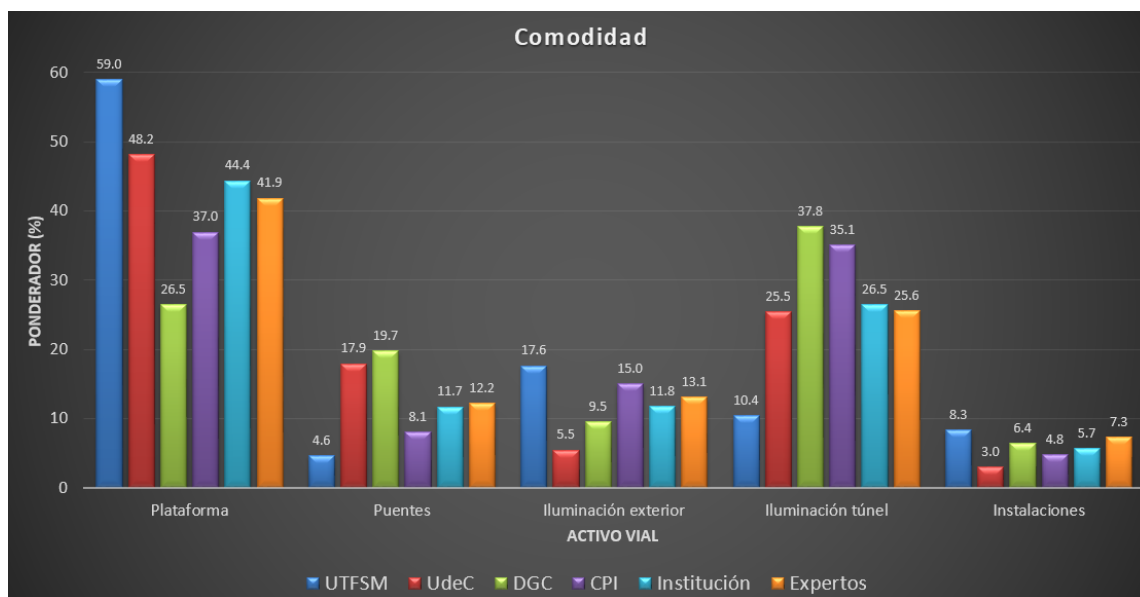


Figura 3.2.11: Ponderadores de activos que influyen en la comodidad del usuario.

Fuente: Elaboración propia.

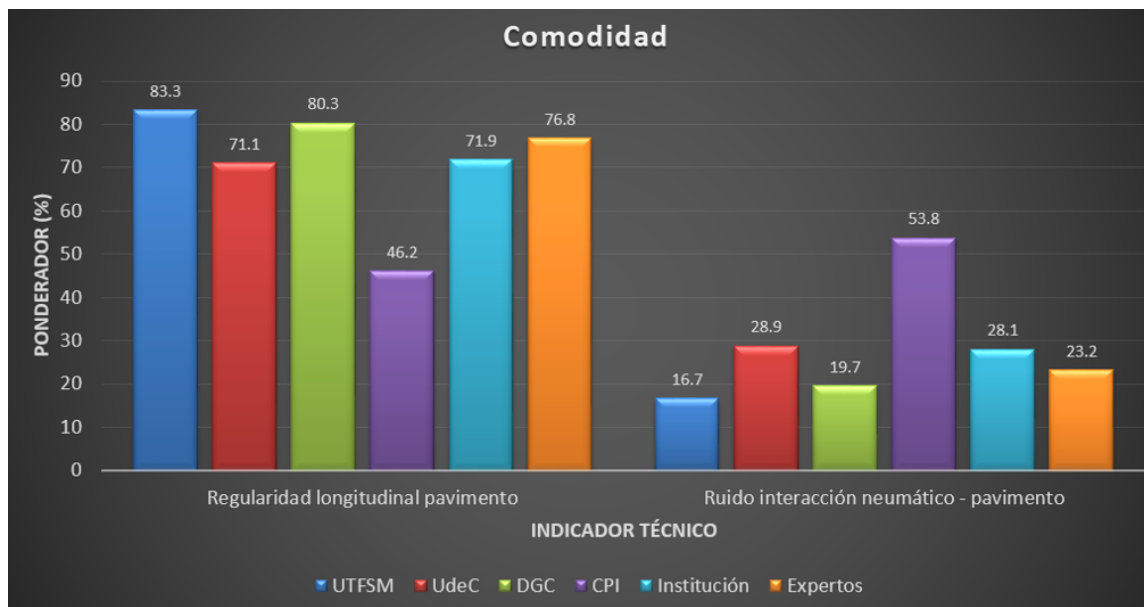


Figura 3.2.12: Ponderadores de características que influyen en la comodidad del usuario.

Fuente: Elaboración propia.

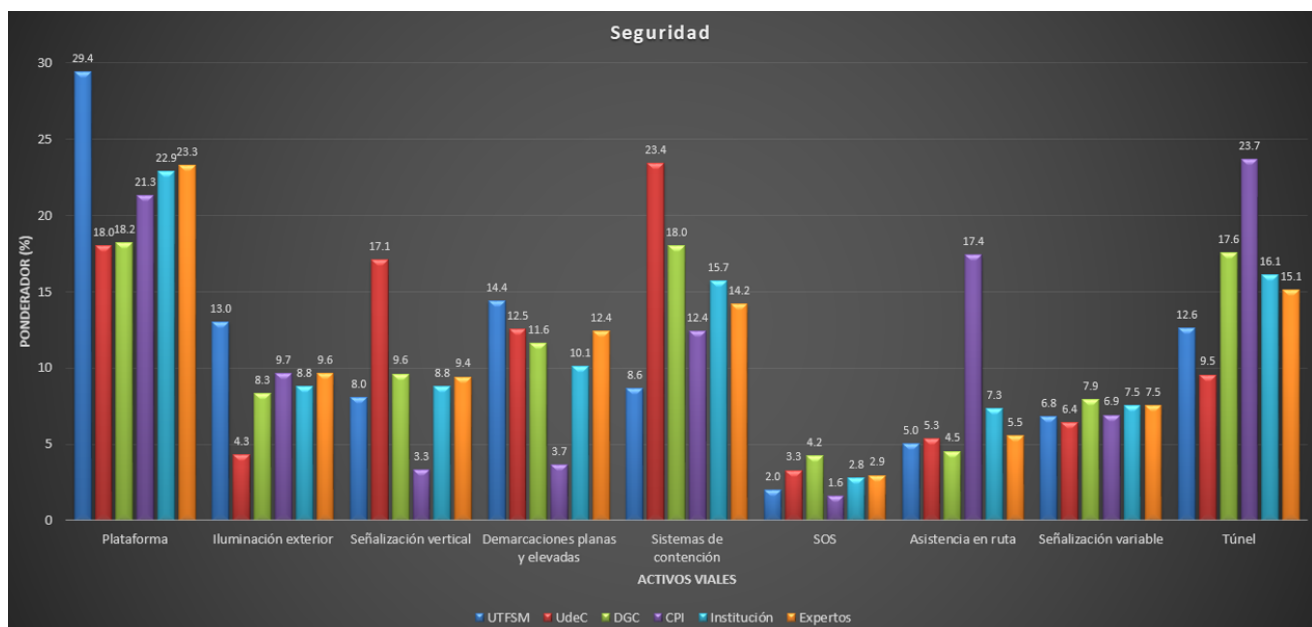


Figura 3.2.13: Ponderadores de activos viales que influyen en la seguridad.

Fuente: Elaboración propia.

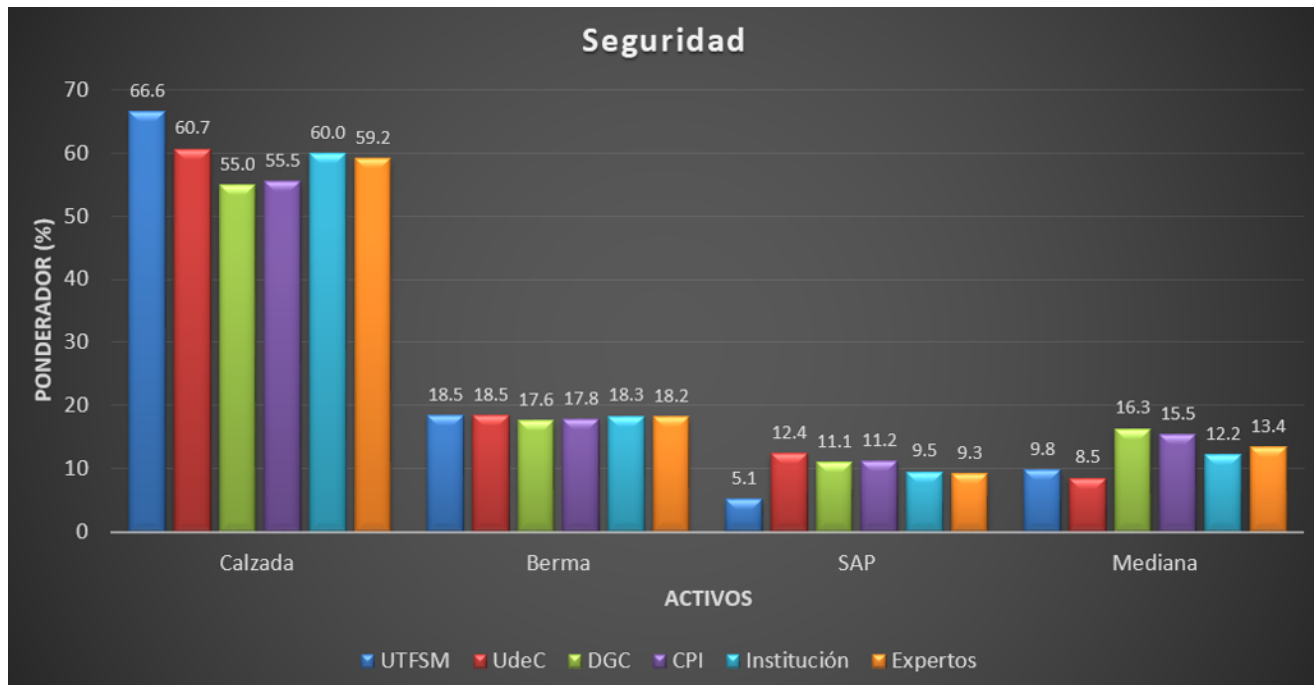


Figura 3.2.14: Ponderadores de subactivos viales que influyen en la seguridad.

Fuente: Elaboración propia.

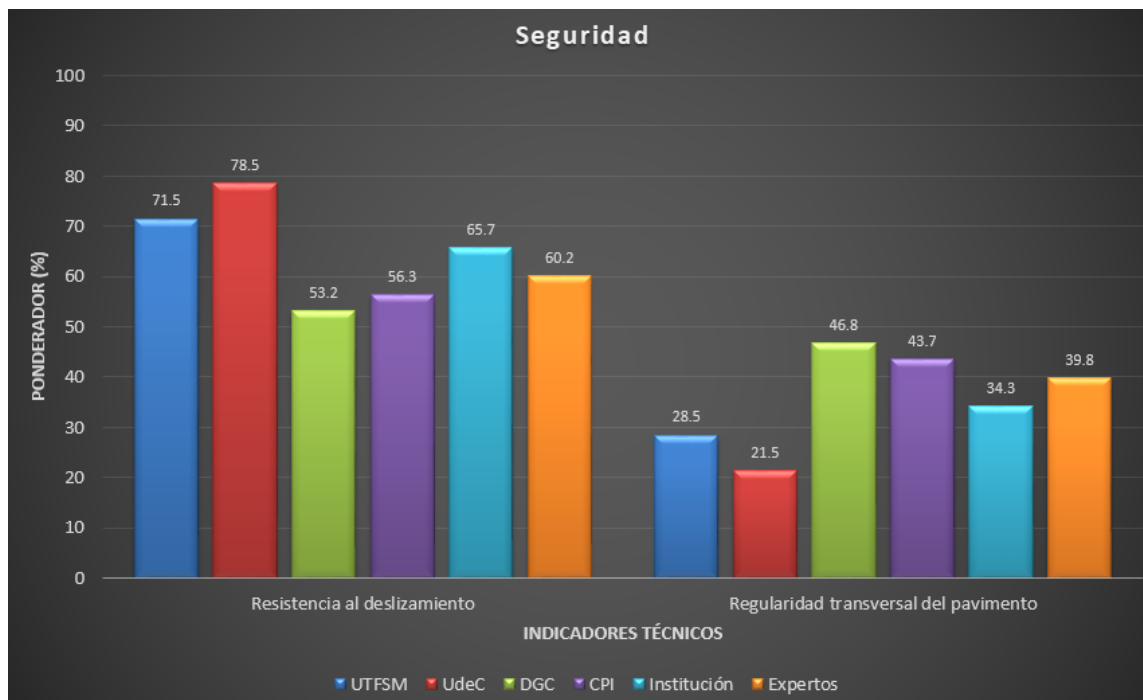


Figura 3.2.15: Ponderadores de indicadores que influyen en la seguridad.

Fuente: Elaboración propia.

De las figuras 3.2.11, 3.2.12, 3.2.13, 3.2.14 y 3.2.15 se verifica que independiente de la forma de agrupar los ponderadores (caso 5 o caso 6), se obtienen resultados similares que mantienen la misma jerarquía entre los elementos bajo comparación.

3.2.2.1.1. Propuesta de ponderadores vinculado a la comodidad del usuario

En la presente sección se definen los ponderados $\alpha_{c_i}, \beta_{c_i}, \gamma_{c_i}$ de la figura 3.2.16.

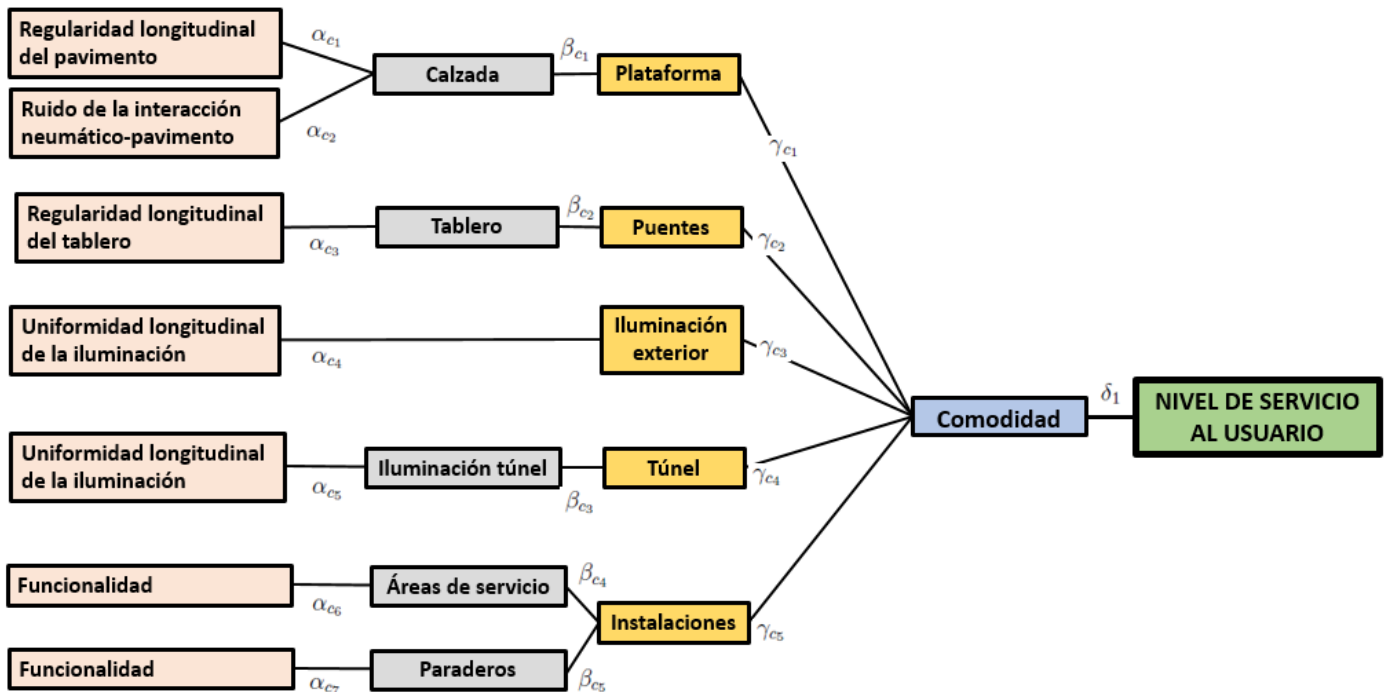


Figura 3.2.16: Esquema conceptual del valor en juego “comodidad”.

Fuente:Elaboración propia.

Los ponderadores de importancia de los activos que influyen en la comodidad obtenidos a través de la opinión de expertos (figura 3.2.11) son los siguientes:

- $\gamma_{c_1} = 0.419$
- $\gamma_{c_2} = 0.122$
- $\gamma_{c_3} = 0.131$
- $\gamma_{c_4} = 0.256$
- $\gamma_{c_5} = 0.073$

De forma complementaria, se desarrolla un enfoque analítico que permite determinar los ponderadores de los activos viales que influyen en la comodidad del usuario. La hipótesis de dicho enfoque es que la comodidad del usuario depende de la influencia temporal y espacial de los activos viales, por ejemplo, la influencia relativa de los puentes en la comodidad de los usuarios será mayor a medida que aumente la presencia de éstos en una determinada carretera.

Bajo el supuesto que los subactivos viales áreas de servicio y paraderos se encuentran, en general, equiespaciados en una carretera concesionada se adopta el ponderador $\gamma_{c_5} = 0.05$ para el activo vial “instalaciones”. Los ponderadores restantes se determinan en base a las ecuaciones 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 y 3.2.5, en las que se incorpora la influencia espacial y temporal de los activos a través de los parámetros $\phi_{i.t.}, \phi_{i.e.}, \phi_{pu.}, \phi_{pl.}, \varphi$.

$$\gamma_{c_1} + \gamma_{c_2} + \gamma_{c_3} + \gamma_{c_4} = 0.95 \quad (3.2.2)$$

$$(\gamma_{c_1} + \gamma_{c_2}) \cdot \phi_{i.t.} = \gamma_{c_4} \quad (3.2.3)$$

$$(\gamma_{c_1} + \gamma_{c_2}) \cdot \phi_{i.e.} \cdot \varphi = \gamma_{c_3} \quad (3.2.4)$$

$$\frac{\gamma_{c_1}}{\gamma_{c_2}} = \frac{\phi_{pl}}{\phi_{pu}} \quad (3.2.5)$$

γ_{c_1} : ponderador del activo vial plataforma.

γ_{c_2} :ponderador del activo vial puentes.

γ_{c_3} : ponderador del activo vial iluminación exterior.

γ_{c_4} : ponderador del activo vial iluminación túnel.

γ_{c_5} : ponderador del activo vial instalaciones (0.05).

$\phi_{i.t.}$: cociente obtenido a partir de la longitud de túneles respecto de la longitud total de la carretera.

$\phi_{i.e.}$: cociente obtenido a partir de la longitud de iluminación exterior respecto de la longitud total de la carretera.

$\phi_{pu.}$: cociente obtenido a partir de la longitud de puentes respecto de la longitud total de la carretera.

ϕ_{pl} : $1 - \phi_{pu}$

φ : cociente obtenido a partir del flujo nocturno de vehículos respecto del flujo total diario (utilizar 0.15 si no se disponen antecedentes).

A modo de ejemplo, si los parámetros que caracterizan la influencia espacial y temporal de los activos de la carretera son los siguientes:

- $\phi_{i.t.} = 0.04$
- $\phi_{i.e.} = 0.35$
- $\phi_{pu.} = 0.01$
- $\phi_{pl.} = 0.99$

Utilizando las ecuaciones 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 y 3.2.5 se obtiene:

- $\gamma_{c_1} = 86.09\%$
- $\gamma_{c_2} = 0.87\%$
- $\gamma_{c_3} = 4.57\%$
- $\gamma_{c_4} = 3.48\%$
- $\gamma_{c_5} = 5.00\%$

Para cada carretera concesionada en particular, los ponderadores $\gamma_{c_1, \dots, \gamma_{c_5}}$ se determinarán como el promedio de los ponderadores obtenidos a partir de la opinión de expertos y el enfoque analítico (ecuaciones 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4 y 3.2.5).

De los resultados de la figura 3.2.12, se obtienen los siguientes ponderadores de importancia para las características/indicadores:

- $\alpha_{c_1} = 0.77$
- $\alpha_{c_2} = 0.23$

Por último, se establece $\beta_{c_4} = 0.8, \beta_{c_5} = 0.2$. Además, naturalmente $\alpha_{c_3} = \dots = \alpha_{c_7} = \beta_{c_1} = \beta_{c_2} = \beta_{c_3} = 1$.

3.2.2.1.2. Propuesta de ponderadores vinculados a la seguridad del usuario

En la presente sección se definen todos los ponderados α_{s_i} , β_{s_i} , γ_{s_i} de las figuras 3.2.17 y 3.2.18.

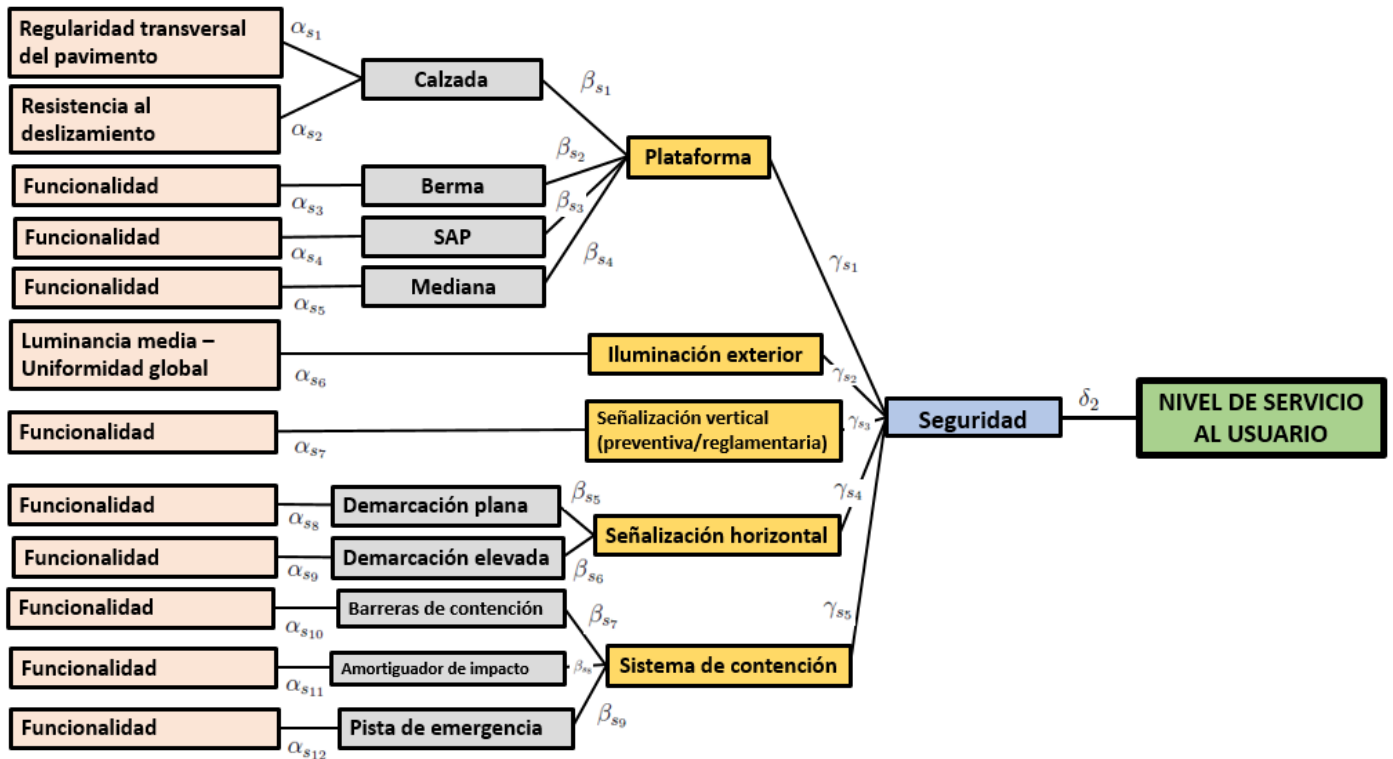


Figura 3.2.17: Esquema conceptual del valor en juego “seguridad”.

Fuente:Elaboración propia.

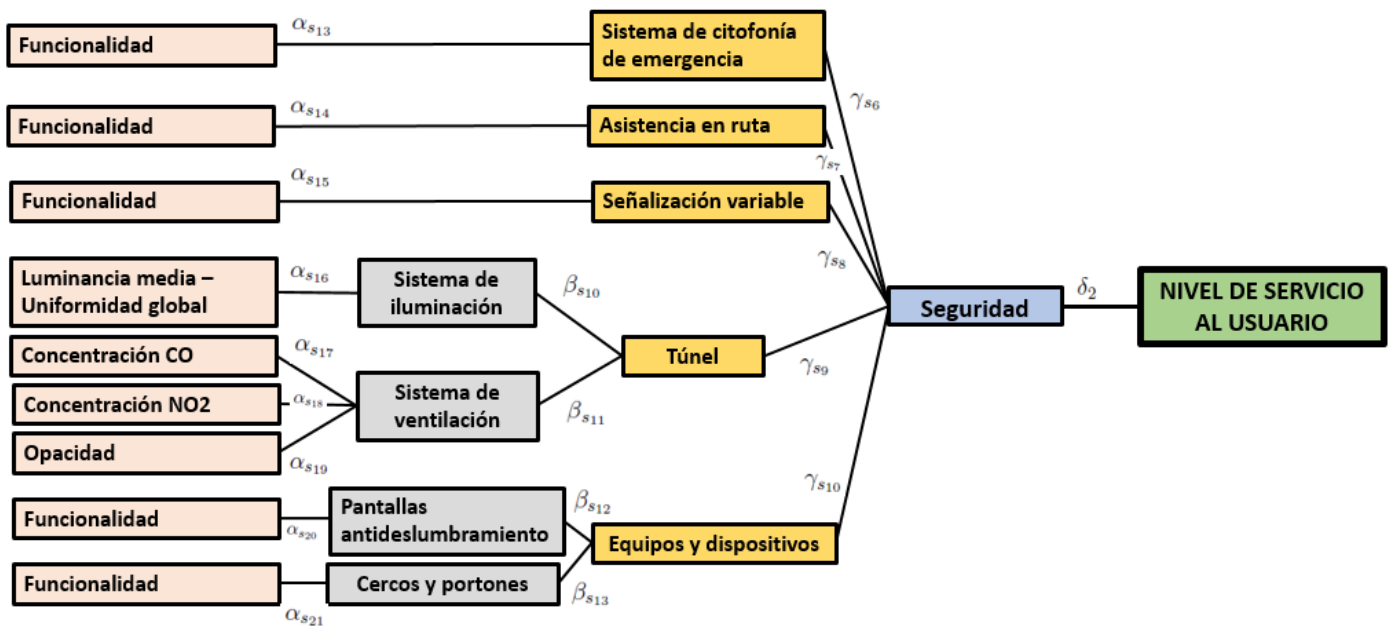


Figura 3.2.18: Esquema conceptual del valor en juego “seguridad” (continuación).

Fuente:Elaboración propia.

De los resultados de la figura 3.2.13, considerando los ponderadores agrupados asignando la misma importancia para cada uno de los expertos y adoptando un valor $\gamma_{s_{10}} = 0.05$, se obtienen los siguientes ponderadores de importancia:

- $\gamma_{s_1} = 0.23$
- $\gamma_{s_2} = 0.09$
- $\gamma_{s_3} = 0.09$
- $\gamma_{s_4} = 0.12$
- $\gamma_{s_5} = 0.13$
- $\gamma_{s_6} = 0.03$
- $\gamma_{s_7} = 0.05$
- $\gamma_{s_8} = 0.07$
- $\gamma_{s_9} = 0.14$
- $\gamma_{s_{10}} = 0.05$

De los resultados de la figura 3.2.14, se obtienen los siguientes ponderadores de importancia:

- $\beta_{s_1} = 0.60$
- $\beta_{s_2} = 0.18$
- $\beta_{s_3} = 0.10$
- $\beta_{s_4} = 0.12$

De los resultados de la figura 3.2.15, se obtienen los siguientes ponderadores de importancia:

- $\alpha_{s_1} = 0.40$
- $\alpha_{s_2} = 0.60$

Los ponderadores incluidos dentro del activo túnel se determinan a través de consulta directa, R. Sepúlveda (comunicación personal, 11 de Marzo de 2019) establece $\beta_{s_{10}} = \beta_{s_{11}} = 0.50$; $\alpha_{s_{17}} = 0.40$, $\alpha_{s_{18}} = \alpha_{s_{19}} = 0.30$.

Para los subactivos incluidos en la señalización horizontal y sistemas de contención, se establece $\beta_{s_5} = \beta_{s_6} = \beta_{s_{12}} = \beta_{s_{13}} = 0.50$ y $\beta_{s_7} = 0.65$, $\beta_{s_8} = 0.15$, $\beta_{s_9} = 0.20$, mientras no exista un estudio específico que evalúe la probabilidad y severidad de los accidentes influenciados por dichos activos.

Por último, naturalmente $\alpha_{s_3} = \alpha_{s_4} = \dots = \alpha_{s_{16}} = 1$, del mismo modo que, $\alpha_{s_{20}} = \alpha_{s_{21}} = 1$.

3.2.2.2. Ponderadores de activos/subactivos y características que influyen en la movilidad del usuario

Con el objetivo de simplificar la evaluación de la movilidad y accesibilidad de lo usuarios, esta se evalúa a través de dos indicadores específicos, para los cuales se adopta $\gamma_{m_1} = 0.9$ y $\gamma_{m_2} = 0.1$, además, naturalmente $\alpha_{m_1} = \alpha_{m_2} = 1$.

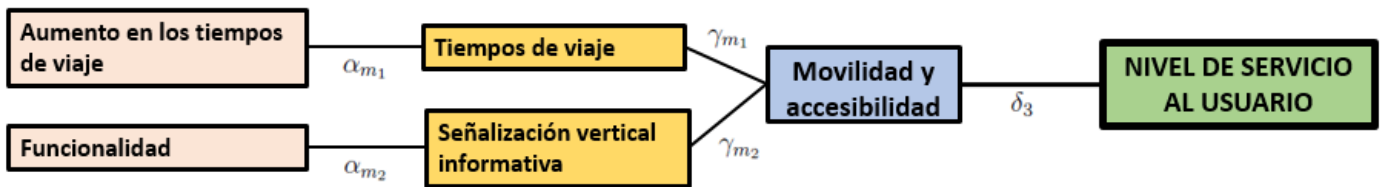


Figura 3.2.19: Esquema conceptual del valor en juego “movilidad y accesibilidad”.

Fuente:Elaboración propia.

3.2.2.3. Ponderadores de activos/subactivos y características que influyen en el valor en juego “otros”

En el modelo de nivel de servicio propuesto (figura 3.2.20), el valor en juego “otros” considera dos conjuntos de ponderadores:

- $\gamma_{o1}, \dots, \gamma_{o4}$.
- $\alpha_{o1}, \dots, \alpha_{o13}$.

Con el objetivo de determinar estos ponderadores, se revisan los modelos de nivel de servicio de las bases de licitación utilizadas en Chile (MOP, 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018), los cuales dentro de los servicios especiales obligatorios consideran de forma diferenciada la atención a usuarios y la gestión de cobro y facturación.

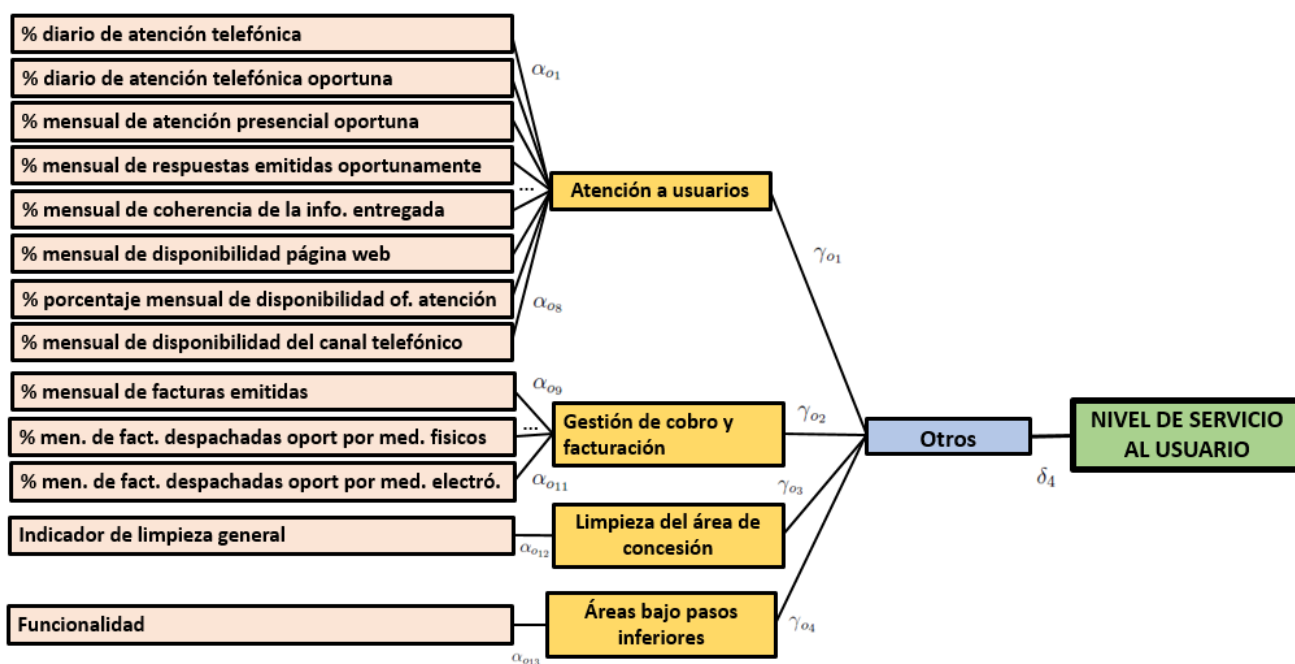


Figura 3.2.20: Esquema de componentes del valor en juego “otros”.

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro del servicio de atención de usuarios, se consideran los siguientes indicadores y sus correspondientes ponderaciones relativas:

- Porcentaje diario de atención telefónica (6 %).
- Porcentaje diario de atención telefónica oportuna (15 %).
- Porcentaje mensual de atención presencial oportuna (18 %).
- Porcentaje mensual de respuestas emitidas oportunamente (15 %).
- Porcentaje mensual de coherencia de la información entregada (6 %).
- Porcentaje mensual de disponibilidad página web (13 %).
- Porcentaje mensual de disponibilidad de las oficinas de atención (14 %).
- Porcentaje mensual de disponibilidad del canal telefónico (13 %).

Dentro del servicio de Gestión de Cobro y Facturación, se consideran los siguientes indicadores y sus correspondientes ponderaciones relativas :

- Porcentaje mensual de facturas emitidas (20 %).
- Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios físicos (40 %).
- Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos (40 %).

Para el modelo propuesto (figura 3.2.20), se conservan los mismos ponderadores $\alpha_{o_1}, \dots, \alpha_{o_{11}}$ propuestos en MOP (2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018). Además, naturalmente $\alpha_{o_{12}} = \alpha_{o_{13}} = 1$.

Los demás ponderadores ($\gamma_{o_1}, \gamma_{o_2}, \gamma_{o_3}, \gamma_{o_4}$), se proponen de modo que mantengan la relación $\frac{\gamma_{o_1}}{\gamma_{o_2}} = \frac{0.30}{0.25}$ definida en MOP (2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018) y mientras no se tengan mayores antecedentes para evaluar la influencia de la limpieza de la concesión y la condición de las áreas bajo pasos inferiores, se adopta $\gamma_{o_3} = 0.45$ y $\gamma_{o_4} = 0.10$. Por lo tanto, se tiene:

- $\gamma_{o_1} = 0.25$
- $\gamma_{o_2} = 0.20$
- $\gamma_{o_3} = 0.45$
- $\gamma_{o_4} = 0.10$

3.3. Desarrollo de indicador técnico para evaluar una característica de interés para los usuarios

El presente capítulo, tiene como objetivo ejemplificar la metodología general para el desarrollo de indicadores técnicos, que permitan evaluar las características de interés para los usuarios identificadas en el capítulo 2. En particular, se desarrolla un indicador técnico que permite evaluar la regularidad longitudinal del pavimento, que es una característica relevante para la comodidad de los usuarios. Con dicho fin, el capítulo se estructura de la siguiente forma:

- En la sección 3.3.1, se presenta la revisión y análisis de parámetros técnicos que permiten evaluar la regularidad longitudinal del pavimento, seleccionando el parámetro técnico más apropiado en el contexto del modelo de nivel de servicio.
- En la sección 3.3.2, se presenta la revisión y análisis de equipos de medición, seleccionando el equipo más apropiado en el contexto del modelo de nivel de servicio.
- En la sección 3.3.3, se presenta la revisión y análisis de especificaciones a nivel mundial del parámetro técnico seleccionado.
- Finalmente, en la sección 3.3.4 se presenta la propuesta para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.

3.3.1. Parámetros técnicos para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento

A partir de una revisión bibliográfica, se concluye que a nivel mundial, se utilizan distintos parámetros técnicos para evaluar la regularidad longitudinal de pavimento, a continuación se presenta un listado de los parámetros técnicos identificados los cuales se resumen en el apéndice respectivo:

- Present Serviciability Index (apéndice A.1.1).
- Profile Index (apéndice A.1.2).
- Ride Number (apéndice A.1.3).
- International Roughness Index (apéndice A.1.4).
- Mean Roughness Index - Half Car Roughness Index (apéndice A.1.5).
- Truck Ride Index (apéndice A.1.6).
- Profile Index for Truck (apéndice A.1.7).
- Pavement Quality Index (apéndice A.1.8).
- Heavy Articulated Truck Index (apéndice A.1.9).
- Vehicle Response Index (apéndice A.1.10).

En la tabla 3.3.1, se sintetizan algunas de las principales ventajas y desventajas de cada uno de los parámetros técnicos utilizados para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.

Tabla 3.3.1: *Ventajas y desventajas de los parámetros técnicos utilizados para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.*

PARÁMETRO TÉCNICO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Present Serviceability Index	Es simple y depende de variables relativamente fáciles de medir en el pavimento.	Incluye deterioros del pavimento que no están necesariamente vinculados con la comodidad de los usuarios. Las correlaciones son particulares para cada estudio.
Profile Index	Es simple y útil para el control de calidad de pavimentos nuevos.	Está limitado por la frecuencia de respuesta del perfilógrafo y puede entregar resultados sesgados dependiente de las longitudes de onda presentes en el pavimento.
Ride Number	Se correlaciona con calificaciones dadas por los usuarios.	Influenciado por las diferencias de textura. Su uso no está masificado a nivel mundial.
International Roughness Index	Amplia aceptación a nivel mundial.	No está correlacionado con la respuesta de todos los tipos de vehículos (utiliza el modelo de un vehículo liviano).
Mean Roughness Index	Posee la mismas ventajas del IRI, pero entrega un valor promedio entre las dos huellas del vehículo.	No está correlacionado con la respuesta de todos los tipos de vehículos (utiliza el modelo de un vehículo liviano).
Half Car Roughness Index	Posee la mismas ventajas del IRI.	No está correlacionado con la respuesta de todos los tipos de vehículos y las correlaciones con el IRI depende de cada estudio específico.
Truck Ride Index	Mejores correlaciones con la comodidad del viaje en vehículos pesados respecto del IRI.	Un valor adecuado de TRI para los conductores de vehículos pesados puede implicar un IRI inadecuado para conductores de vehículos livianos.
Profile Index for Truck	Mejores correlaciones con la comodidad del viaje en vehículos pesados respecto del IRI.	Limitado solo a la comodidad de viaje de conductores de vehículos pesados.
Pavement Quality Index	Es simple y considera deterioros superficiales locales a través del PCR.	Utiliza correlaciones específicas de un determinado estudio.
Heavy Articulated Truck Index	Mejores correlaciones con la comodidad del viaje en vehículos pesados respecto del IRI.	Basado en el cálculo del IRI con parámetros alternativos para el modelo de cuarto de vehículo y velocidad.
Vehicle Response Index	Considera una velocidad variable.	Solo es una modificación al enfoque del IRI y no está masificado a nivel mundial.

Las principales conclusiones obtenidas a partir de la revisión bibliográfica (apéndice A.1) y tabla 3.3.1 son que:

- Una parte importante de los parámetros técnicos revisados, están basados en el procedimiento de cálculo del International Roughness Index (IRI) o una versión alternativa modificando parámetros del modelo de vehículo utilizado y/o la velocidad de análisis.
- Existen diferencias sustanciales en la masificación de uso de los parámetros técnicos. En general, los parámetros técnicos “International Roughness Index” y “Mean Roughness Index” poseen una utilización a nivel mundial mucho mayor que los demás parámetros.
- Existen parámetros técnicos específicos para evaluar la comodidad de conductores de vehículos pesados (Truck Ride Index, Profile Index for Truck, Heavy Articulated Truck Index).

Por lo tanto, en el contexto del desarrollo de un modelo general de nivel de servicio a los usuarios, sin una distinción específica entre conductores de vehículos livianos y pesados, y considerando que, en general, estos últimos representan una proporción mucho menor, se adopta como el parámetro técnico más adecuado el Mean Roughness Index que es el promedio de IRI de cada huella del vehículo.

3.3.2. Equipos de medición para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento

A partir de una revisión bibliográfica, se concluye que a nivel mundial, se utilizan distintos equipos de medición para evaluar la regularidad longitudinal de pavimento, a continuación se presenta un listado de los equipos de medición identificados los cuales se resumen en el apéndice respectivo:

- Nivel y mira topográfica (apéndice A.2.1).
- Perfilógrafos (apéndice A.2.2).
- MERLIN (apéndice A.2.3).
- Equipos tipo respuesta (apéndice A.2.4).
- Perfilómetros inerciales de alta velocidad (apéndice A.2.7).
- Perfilómetros inerciales livianos (apéndice A.2.8)
- Perfilómetro pivotante (apéndice A.2.6).
- Walking Profiler (apéndice A.2.7).
- Equipo de medición de regularidad en tiempo real (apéndice A.2.8).

En la tabla 3.3.2, se sintetizan algunas de las principales ventajas y desventajas de cada uno de los equipos de medición para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.

Tabla 3.3.2: *Ventajas y desventajas de los equipos de medición para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.*

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mira y Nivel	- Facilidad de uso - Exactitud en la medición de datos	- No es adecuado para recopilación de datos a gran escala
Perfilógrafo	- Capacidad de recopilar datos de perfil continuos	- No es sensible a ciertas longitudes de onda - No es adecuado para recopilación de datos a gran escala
MERLIN	- Bajo costo, fácil construcción, calibración, uso y mantenimiento	- No es adecuado para recopilación de datos a gran escala
Equipos tipo respuesta	- Recolección de datos a altas velocidades	- Las mediciones dependen de la dinámica del vehículo - Las mediciones no son estables con el tiempo - Baja exactitud y repetibilidad
Perfilómetro inercial de alta velocidad	- Recolección de datos a altas velocidades - Precisión y exactitud alta - La recopilación de datos no necesita el cierre de pistas	- Incapacidad para recopilar datos precisos a bajas velocidades (áreas urbanas)
Perfilómetro inercial liviano	- En pavimentos de hormigón, puede usarse para realizar pruebas antes de que este haya adquirido suficiente resistencia para la apertura al tráfico - Requiere una corta distancia de entrada para alcanzar la velocidad de prueba y se puede usar en zonas de construcción complejas	- La recopilación de datos generalmente requiere el cierre del carril
Perfilómetro pivotante - Walking Profiler	- Mediciones precisas del perfil - Se usa para calibrar otros equipos como los perfilómetros inerciales - Resultados proporcionados instantáneamente en la pantalla del equipo	- No es adecuado para recopilación de datos a gran escala
Equipo de medición de la regularidad en tiempo real (solo pavimento de hormigón)	- Los datos de regularidad se pueden recopilar en tiempo real durante la construcción - Se eliminan los efectos de las juntas y la textura en las mediciones de perfil - Ayuda a mejorar la regularidad inicial	- No se puede usar para mediciones de regularidad rutinarias

Las principales conclusiones obtenidas a partir de la revisión bibliográfica (apéndice A.2) y tabla 3.3.2 son que:

- Una cantidad importante de equipos de medición, no son adecuados para obtener datos a gran escala durante la operación de la vía (mira y nivel, perfilógrafos, MERLIN, perfilómetro inercial liviano, perfilómetro pivotante, walking profiler).
- Existen equipos con baja exactitud y repetibilidad (equipos tipo respuesta).
- Existen avances en equipos específicos para evaluar la regularidad longitudinal durante la construcción, que permiten mejorar la regularidad inicial del pavimento, pero que no son útiles para utilizarlos durante la operación de una vía.

Por lo tanto, en el contexto del desarrollo de un modelo de nivel de servicio, aplicable durante la etapa de explotación de una vía, se requiere un equipo de alto rendimiento con elevada precisión y exactitud. En este contexto, se adopta el perfilómetro inercial de alta velocidad como el equipo de medición más apropiado. Una de sus desventajas es que, en general, los equipos no tienen la capacidad de recolectar datos a bajas velocidades (áreas urbanas), pero esto no es un problema debido a que en el contexto del presente investigación se pretende determinar una metodología de medición para carreteras concesionadas interurbanas.

3.3.3. Especificaciones a nivel mundial del parámetro técnico seleccionado

Una vez seleccionado el parámetro técnico más apropiado en el contexto del modelo de nivel de servicio propuesto (sección 3.3.1), a continuación se presenta la revisión detallada de las especificaciones utilizadas a nivel mundial.

3.3.3.1. Chile

En Chile, las especificaciones de IRI se separan en controles receptivos (sección 3.3.3.1.1) y durante la etapa de explotación de la vía (sección 3.3.3.1.2).

3.3.3.1.1. Controles receptivos Los controles receptivos son evaluaciones de conformidad que se efectúan a determinadas partidas, una vez terminadas, sin perjuicio de considerar ensayos efectuados durante las obras, todo con el fin de aceptarlas, penalizarlas o rechazarlas. La conformidad se evalúa objetivamente sobre la base de la medición de parámetros y sus tolerancias establecidos en las correspondientes especificaciones técnicas (MOP, 2018d).

El método descrito en 8.502.8 de MC-V8 (MOP, 2018d) describe el procedimiento para determinar la regularidad longitudinal de pavimentos asfálticos, de hormigón, tratamientos superficiales y eventualmente, de otros tipos de capas de rodadura, expresada mediante el indicador IRI (International Roughness Index).

Se someten a controles receptivos (IRI, densidad, espesor, contenido de asfalto, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión según corresponda) diversas partidas de pavimento de calzadas y de bermas. La tabla 3.3.3 identifica las partidas a las cuales se le asocia un control receptivo asociado a regularidad longitudinal del pavimento a través del IRI.

Tabla 3.3.3: Partidas sometidas a controles receptivos de IRI (Adaptado de MOP 2018d).

Partida	Control receptivo de IRI
Capa asfáltica de rodadura	X
Capa asfáltica intermedia	
Base Asfáltica	
Mezcla asfáltica drenante	X
Mezcla SMA	X
Microaglomerados en caliente	X
Berma asfáltica	
Tratamiento superficial	X
Cape Seal	X
Pavimento de hormigón	X

Algunos puntos importantes mencionados en 8.502.8 de MC-V8 (MOP, 2018d) son:

- Se establece que para los equipos que efectúen mediciones, estas deben corresponder a las clasificadas como clase I según el Banco Mundial (sección A.2.9.1).
- Los procedimientos de calibración y operación de los equipos deberán ajustarse a las indicaciones de los respectivos fabricantes, no obstante lo cual, la Dirección de Vialidad, si lo estima necesario, podrá efectuar sus propias verificaciones.
- Las mediciones se realizarán longitudinalmente por cada pista, en forma separada, mediante un sistema perfilométrico de precisión. Se registrará la variación del perfil al milímetro, a razón de no menos de cuatro puntos por metro, es decir, con un distanciamiento no superior a 250 mm.
- Se define como singularidad a cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino.
- Se determinará si hay singularidades y se identificarán. Las singularidades que se pudieran presentar afectarán el tramo completo de 200 m en la pista en que se encuentran ubicadas, el que no se considerará en las evaluaciones. Las singularidades que se emplacen en dos tramos vecinos, ubicadas al final de un tramo y al comienzo del siguiente (ambas en la misma pista), afectarán los dos tramos de 200 m, los que no se considerarán en las evaluaciones. Las singularidades que tengan longitudes de más de 200 m afectarán los tramos que las contengan, su longitud será múltiplo de 200 m y no se considerarán en las evaluaciones.
- Además de las evidentes, se podrá considerar que hay una singularidad en cualquier sector del camino cuyo IRI se incremente en 0,5 m/km o más, debido solamente al diseño geométrico, es decir, ejecutando el programa del IRI en el perfil teórico. Para definir si una curva debe ser considerada como una singularidad, deberá disponerse del perfil teórico de cada huella (o de la huella más desfavorable) de la pista en el sector que se desea estudiar, expresado como una serie de puntos definidos por distancias y cotas. La separación entre puntos no debe superar los 25 cm y las cotas deben tomarse con una precisión de 0,2 mm para efectos de procesamiento. Para definir la ubicación de la huella interna y externa dentro de la pista, se considera que éstas se encuentran a 70 cm del eje y a 70 cm de la berma, respectivamente; es decir, en una pista de 3,5 m de ancho, la separación entre huellas es de 2,1 m.

- En los sectores homogéneos se evaluará el IRI por medias fijas, tomando los valores de cinco tramos consecutivos. Se entenderá que el pavimento tiene una rugosidad aceptable si todas las medias aritméticas fijas de 5 valores consecutivos de IRI son iguales o inferiores al valor indicado en las Especificaciones Técnicas del Contrato y ninguno de los valores individuales supera los límites establecidos en dichas Especificaciones.

MOP (2018d) presenta un ejemplo de cálculo de multas por incumplimiento de IRI, aplicable para controles receptivos tanto a pavimento de asfalto como de hormigón. Los porcentajes de multas a aplicar por incumplimiento del valor promedio de cinco muestras consecutivas (IRI media Fija) se indican en la tabla 3.3.4:

Tabla 3.3.4: *Multas por incumplimiento de umbrales de IRI en controles receptivos (MOP, 2018d)*

IRI (m/km)	MULTAS RESPECTO DEL VALOR DE LA CAPA DE SUPERFICIE EN EL ÁREA AFECTADA
$2,0 < \text{IRI} \leq 2,2$	25%
$2,2 < \text{IRI} \leq 2,5$	50%
$2,5 < \text{IRI} \leq 2,8$	75%
$2,8 < \text{IRI}$	100% o se rehace

En las bases de licitación utilizadas en Chile (MOP, 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a), se establece que el IRI (media fija) no podrá ser superior a 2 m/km al momento en que la sociedad concesionaria solicite a la Dirección General de Obras Públicas (DGOP) que compruebe la correcta ejecución de las obras.

3.3.3.1.2. Etapa de explotación De la revisión de las bases de licitación de obras viales concesionadas en Chile (MOP, 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a), se concluye que las exigencias y consideraciones de medición de IRI son las mismas en todos los contratos, las cuales se presentan en la tabla 3.3.5.

Tabla 3.3.5: *Umbrales y consideraciones de IRI según bases de licitación en Chile. (MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a)*

E_i	Exigencias		Consideraciones
E_1	IRI promedio en pista	3,5 m/km máximo	En la medición del IRI promedio se excluyen los sectores de puentes y estructuras. Los valores de IRI se informarán en m/km con un decimal.
E_2	IRI puntual en pista	4,0 m/km máximo	Los valores de IRI se informarán en m/km con un decimal.

Respecto del método de constatación, se establece que el IRI en pista (puntual y promedio) se constatará con equipos de alto rendimiento de clasificación clase I, según el Banco Mundial. El procedimiento de medición será el establecido en 8.502.8 de MC-V8 (MOP, 2018d). El valor IRI promedio del kilómetro fijo corresponde a la media aritmética de todos los valores de IRI puntual medidos en un kilómetro fijo. Por su parte el valor IRI puntual es el valor representativo de 200 metros fijos.

3.3.3.2. España

En España, las especificaciones generales de IRI se separan en controles receptivos (sección 3.3.3.2.1) y controles durante la etapa de explotación de la vía (sección 3.3.3.2.2).

3.3.3.2.1. Controles receptivos Según se establece en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), Parte 5 Firmes (Ministerio de Fomento, 2018), la regularidad longitudinal se controla en tramos de mil metros de longitud (1000 m), a partir de las veinticuatro horas (24 h) de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa mediante la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado, que se asigna a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido que deberá cumplir lo especificado en las tablas 3.3.6 y 3.3.7.

Tabla 3.3.6: *Requisitos de Índice de Regularidad Longitudinal (IRI) para pavimentos de nueva construcción (Ministerio de Fomento, 2018).*

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE CAPA		
	RODADURA E INTERMEDIA		OTRAS CAPAS BITUMINOSAS
	TIPO DE VÍA		
	CALZADAS DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	RESTO DE VÍAS	
50	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 3,0

Tabla 3.3.7: *Requisitos de Índice de Regularidad Longitudinal (IRI) para pavimentos rehabilitados estructuralmente (Ministerio de Fomento, 2018).*

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	TIPO DE VÍA			
	CALZADAS DE AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS		RESTO DE VÍAS	
	ESPESOR DE RECRECIMIENTO (cm)			
	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10
50	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 2,0
80	< 1,8	< 2,0	< 2,0	< 2,5
100	< 2,0	< 2,5	< 2,5	< 3,0

En el caso de que un mismo tramo se ausculte más de un perfil longitudinal (huella derecha e izquierda), las prescripciones sobre el valor del IRI establecidos en las tablas precedentes se deberán verificar independientemente en cada uno de los perfiles auscultados (en cada huella). La verificación de la regularidad longitudinal en toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar antes de la puesta en servicio.

3.3.3.2.2. Etapa de explotación Según el Pliego de cláusulas administrativas particulares para la licitación de contratos de concesión de obra pública (Ministerio de Fomento, 2007), durante la etapa de explotación se considera como valor puntual el *IRI* cada 100 metros. En cada carril se considera únicamente el peor de los dos valores por huella (bandas longitudinales del pavimento donde se produce el contacto con las ruedas de los vehículos).

Como valor medio, se considera el IRI en un kilómetro que se obtiene como la media del IRI cada 100 metros. Se miden todos los carriles de cada calzada, al menos en las dos zonas de rodada con vehículos de auscultación de alto rendimiento. En la tabla 3.3.8, se presenta la frecuencia de medida, valores máximos de IRI y tiempos de respuesta para ejecutar la corrección antes de sufrir penalidades.

Tabla 3.3.8: *Frecuencia de medida, valores máximos y tiempos máximos para penalidad (Ministerio de Fomento, 2007).*

FRECUENCIA DE MEDIDA			
Anual			
VALORES MÁXIMOS Y TIEMPOS MÁXIMOS PARA PENALIDAD			
Umbral para valores puntuales	Tiempo de respuesta para corrección desde que se conoce	Umbral de valores medios en 1 km	Tiempo de respuesta para corrección desde que se conoce
3.5 m/km	6 meses	2 m/km	6 meses

3.3.3.2.3. Antecedentes particulares de concesiones viales

3.3.3.2.3.1. Autopistas del Estado (2003) y Málaga-Las Pedrizas (2005)

Los pliegos de las autopistas de peaje publicadas a concurso por el Ministerio de Fomento a finales del 2003 (Cartagena-Vera, Madrid-Toledo, Ocaña-La Roda, y la Variante de Alicante), incluyeron la posibilidad de que el concesionario se beneficiara de uno o varios años extra de concesión en caso de que se cumplieran unos criterios de calidad y de gestión a lo largo de la vida de la concesión.

Los criterios de calidad introducían la posibilidad de obtener dos posibles premios: uno equivalente a la extensión de un año adicional por el cumplimiento de un conjunto de criterios menos exigentes y otro consistente en la ampliación por tres años más, en total cuatro, en caso de que se cumplan un conjunto de criterios más exigentes.

En el año 2005, el Ministerio de Fomento publica a concesión en régimen de peaje al usuario, la construcción, conservación y explotación de la autopista Málaga-Las Pedrizas. Los criterios de calidad y gestión aplicados fueron muy similares a los de las autopistas concesionadas en 2003. El criterio vinculado a la regularidad longitudinal se presenta en la tabla 3.3.9.

Tabla 3.3.9: *Criterio de regularidad longitudinal requerido para la ampliación del plazo concesional (adaptado de Quiralte, C. D., & Soliño, A. S., 2007).*

Criterio de regularidad longitudinal requerido para la ampliación del plazo concesional en las autopistas del Estado (2003) y Málaga-Las Pedrizas (2005)		
Criterio de calidad requerido	Un año adicional	Dos a Tres años adicionales
Que en un 100% de los años que dure la concesión, el IRI < 2 m/km en al menos un X de la longitud ensayada	X=90%	X=95%

El criterio de calidad vinculado a la regularidad longitudinal en las autopistas del Estado (2003) y Málaga – Las Pedrizas (2005) es que en un 100 % de los años que dure la concesión, el IRI sea menor a 2 m/km en al menos un X de la longitud ensayada (X varía entre 90 a 95 %). El cumplimiento de este indicador junto con otros de calidad de servicio (coeficiente de rozamiento transversal), permiten ampliar el plazo de la concesión.

3.3.3.2.3.2. Concesión CV-35 Valencia

En la autovía CV-35 de Valencia, la comodidad ofrecida por la capa de rodadura se cuantifica a través del Índice de Regularidad Internacional (IRI) (Monzón Hernández, 2017). El Pliego de Condiciones Técnicas Particulares (PPTP) indica que el concesionario debe realizar mediciones de la regularidad superficial cada doce meses, desde la fecha de la comprobación material de las obras de construcción de las vías. Para determinar el IRI se divide cada tramo en subtramos de 1000 metros de longitud por sentido, y se toman mediciones cada 20 metros en cada uno de ellos. Los requisitos de regularidad longitudinal del pavimento en la Concesión CV-35 Valencia se muestran en la tabla 3.3.10 :

Tabla 3.3.10: *Requisitos de regularidad longitudinal del pavimento en la Concesión CV-35 Valencia (Adaptado de Monzón Hernández, 2017)*

Requisitos de regularidad longitudinal Concesión CV-35 Valencia	
IRI máximo de medición individual (20 m)	≤ 3.0 m/km
IRI promedio de 50 mediciones (1 km)	≤ 1.50 m/km
Desviación estándar de la muestra de 50 mediciones	≤ 0.25 m/km

En el caso de que alguna de las tres especificaciones anteriores supere los valores citados, el concesionario deberá, de forma inmediata, proponer las medidas que se tomarán para conseguir que los índices con valores superiores alcancen las magnitudes exigidas. Cuando se aprueben las medidas propuestas, el concesionario deberá ejecutarlas de forma inmediata, de acuerdo con las condiciones meteorológicas.

Por lo tanto, el PPTP hace referencia a los valores de IRI medios de cada subtramo, valores máximos y desviación típica. Por otro lado, se especifica una serie de penalizaciones o bonificaciones sobre el canon de demanda en función de todos los valores IRI obtenidos, tal y como se describe en la tabla 3.3.11.

Tabla 3.3.11: *Penalización o bonificación según el valor de IRI. (Adaptado de Monzón Hernández 2017)*

Si el IRI medido es inferior a 1.5 m/km en X de longitud	Penalización	Bonificación
$X < 80\%$	-3%	-
$80\% < X < 85\%$	-2%	-
$90\% < X < 95\%$	-	1%
$X > 95\%$	-	2%

3.3.3.2.4. Armonización de los equipos de medición La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento mide, de forma sistemática, la regularidad longitudinal de los pavimentos de toda la red de carreteras del Estado, obteniendo valores del Índice de Regularidad Internacional (IRI), conforme a la norma NLT-330 (Ministerio de Fomento, 2012). La medición de este parámetro es también preceptiva en la recepción de capas de firme tanto de obras de nueva construcción como en las de rehabilitación, según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

A lo largo de estos años se han ido desarrollando diferentes equipos de auscultación, que han incorporado, progresivamente, los últimos avances tecnológicos en la instrumentación de medida del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Puesto que en la actualidad hay un gran número y variedad de equipos para medir este parámetro, es necesario llevar a cabo ensayos de correlación y controles periódicos de calibración de los mismos, para conseguir una armonización de las mediciones del parámetro IRI tomadas con diferentes equipos.

Por este motivo, desde el año 2009, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento ha encargado al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) la realización periódica, y con carácter previo al inicio de la campaña de auscultación, de este tipo de ensayos de intercomparación y control de la calibración, de equipos que operan sistemáticamente en la red de carreteras del Estado.

En síntesis, el ensayo ha tenido por objeto analizar las medidas de cada uno de los equipos de alto rendimiento y compararlas con la medida de una referencia (perfilómetro pivotante tipo Dipstick, según NLT-331) para dotar de la homogeneidad necesaria a este parámetro en las distintas mediciones que realiza la Dirección General de Carreteras (recepción de obras, auscultación sistemática de la red y auscultación específica de tramos). La selección del Dipstick como equipo de referencia se explica por varias razones; en primer lugar porque este ha sido el equipo básico para el desarrollo del IRI; en segundo lugar, porque todas las medidas realizadas con estos equipos correlacionan entre sí con un coeficiente prácticamente igual a la unidad. Además, se trata de unos equipos adecuados para la medición durante el control de calidad en la fase de construcción.

Las ecuaciones de corrección obtenidas como resultado de dicho ensayo de armonización, inciden en la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI), tanto en las campañas de auscultación sistemática de las carreteras en servicio, como en los preceptivos controles de calidad de las capas de firme y de los pavimentos bituminosos de nueva construcción y de rehabilitación, de acuerdo con el PG-3. Las ecuaciones de corrección son de la siguiente forma:

$$IRI = a * IRI_{\text{equipo de alto rendimiento}} + b \quad (3.3.1)$$

Donde a y b son factores de corrección.

Algunas consideraciones importantes son:

- Las empresas de ingeniería que llevan a cabo la medición de la regularidad longitudinal con los equipos, deben emplear las ecuaciones de corrección determinadas en el último ensayo de armonización realizado. Los informes de auscultación deben indicar expresamente la ecuación de corrección que han aplicado.
- Las ecuaciones de corrección son válidas hasta su actualización en nuevos ensayos de armonización y calibración.
- Se consideran aptos para medir la regularidad longitudinal en la red de carreteras del Estado, los equipos que proporcionen el valor del IRI con un error mínimo del equipo, igual o inferior al 13 %.

3.3.3.3. Estados Unidos

3.3.3.3.1. Especificaciones de índices basados en IRI La figura 3.3.1 se muestra un resumen de los índices basados en IRI, utilizados tanto en pavimentos asfálticos como de hormigón. Si bien hay 39 estados usando especificaciones basadas en IRI para pavimentos asfálticos, solo 23 estados usan especificaciones basadas en IRI en pavimentos de hormigón.

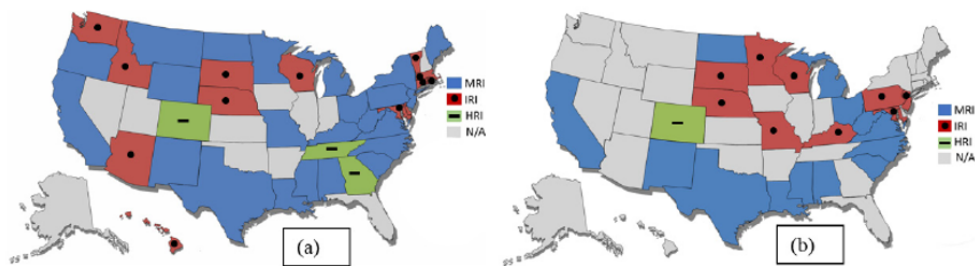


Figura 3.3.1: Especificaciones de índices basados en IRI para (a) Pavimentos asfálticos y (b) Pavimentos de hormigón

Fuente: Merritt, Chang, and Rutledge (2015)

Para pavimentos asfálticos, se tiene:

- 59 % (23 estados) usan MRI.
- 33 % (13 estados) usan IRI.
- 8 % (3 estados) usan HRI.

Para pavimentos de hormigón, se tiene:

- 57 % (13 estados) usan MRI.
- 39 % (9 estados) usan IRI.
- 4 % (1 estado) usa HRI.

3.3.3.3.2. Regulación de equipos de medición El tipo de equipo que se utiliza para la medición de la regularidad es típicamente especificado por la agencia, la mayoría de las cuales especifican el uso de perfilómetros inerciales (FHWA, 2016), junto con requisitos sobre el tipo de sensores láser y el intervalo de registro que se utilizará para la recopilación de datos. El equipo de prueba normalmente se somete a un proceso de certificación anual y el operador del equipo debe estar capacitado y certificado por la agencia antes de la prueba. El equipo de prueba se somete típicamente a un proceso de verificación unos días antes de las pruebas reales. Se establece una sección de control que tiene una textura y rugosidad similares a la especificación del proyecto y se utiliza para el proceso de verificación de acuerdo con la norma AASHTO R 57-14 y otras normas de la agencia o del fabricante.

3.3.3.3.3. Longitud del segmento de evaluación Aunque la gran mayoría de las especificaciones se basan en el valor de IRI / MRI / HRI para un segmento de informe de 0.1 mi (160 m), existe una variedad de otros intervalos de informe encontrados en las especificaciones actuales basadas en IRI. Sin embargo, es importante destacar que no parece haber ninguna correlación entre los umbrales de IRI, MRI, HRI y la longitud del segmento de informe. La tabla 3.3.12 resume las longitudes de segmentos informados en las especificaciones basadas en IRI.

Tabla 3.3.12: *Resumen de longitudes de segmentos informados en las especificaciones basadas en IRI (Merritt, Chang, and Rutledge, 2015)*

Reporting Segment Length	Number of States	
	<i>Asphalt</i>	<i>Concrete</i>
0.1-mile	28	18
1.0-mile	2	0
0.01-mile	2	2
500 ft	1	1
25 ft	1	1
Daily Placement	1	0
Project Length	2	1
3,000 ft	1	0
Variable: 0.01 to 0.1 mile	1	0

3.3.3.3.4. Pago asociado a medición Muchos estados utilizan umbrales de regularidad basados en IRI para determinar los incentivos/desincentivos a los contratistas. A continuación se discuten tres categorías comunes utilizadas para determinar los pagos de contratistas. Los datos sugieren que no existe un consenso general sobre los umbrales más adecuados para determinar los incentivos / desincentivos (Merritt, Chang & Rutledge, 2015; Transtec, 2012).

3.3.3.3.4.1. Incentivo

Se pueden proporcionar varios niveles de incentivos para los contratistas cuando los valores de IRI o MRI caen dentro de rangos que son significativamente menores que el valor aceptable especificado. Los valores de MRI e IRI que califican para pagos de incentivos a menudo oscilan entre 35 y 80 in/mi (0.55 y 1.26 m/km) para pavimentos asfálticos y 40 y 70 in/mi (0.63 y 1.10 m/km) para pavimentos de hormigón.

3.3.3.3.4.2. Pago completo

El contratista recibe el pago completo cuando el valor de MRI o IRI es igual o ligeramente inferior al valor aceptable especificado. El límite inferior del rango de pago completo es típicamente el límite superior del rango de pago de incentivo descrito anteriormente; el límite superior suele ser el valor IRI o MRI aceptable especificado, que generalmente oscila entre 43 y 100 in/mi (0.68 y 1.58 m/km) para pavimentos asfálticos y 54 y 93 in/mi (0.85 y 1.47 m/km) para pavimentos de hormigón.

3.3.3.3.4.3. Desincentivo

Se pueden aplicar varios niveles de desincentivos (en lugar de correcciones o eliminación y reemplazo) cuando el valor de MRI o IRI excede el valor aceptable especificado. Los valores de MRI e IRI sujetos a penalizaciones de desincentivo típicamente varían desde cualquier valor mayor que el valor aceptable especificado hasta el valor donde se requiere una acción correctiva.

3.3.3.3.4.4. Corrección.

Límites de umbral donde se requiere acción correctiva antes de la aceptación. Los límites típicamente varían entre 60 y 150 in/mi (0.95 y 2.37 m/km) para pavimentos asfálticos y de hormigón. Las acciones correctivas generalmente son necesarias solo para la rugosidad localizada.

En la Figura 3.3.2 se presenta una comparación de los incentivos/desincentivos aplicados a los contratistas según las especificaciones de IRI para pavimentos asfálticos y de hormigón. Se muestran valores mínimos, máximos y promedios de incentivos/desincentivos para secciones de 0.1 mi en términos absolutos de dinero o según el porcentaje del monto del contrato.

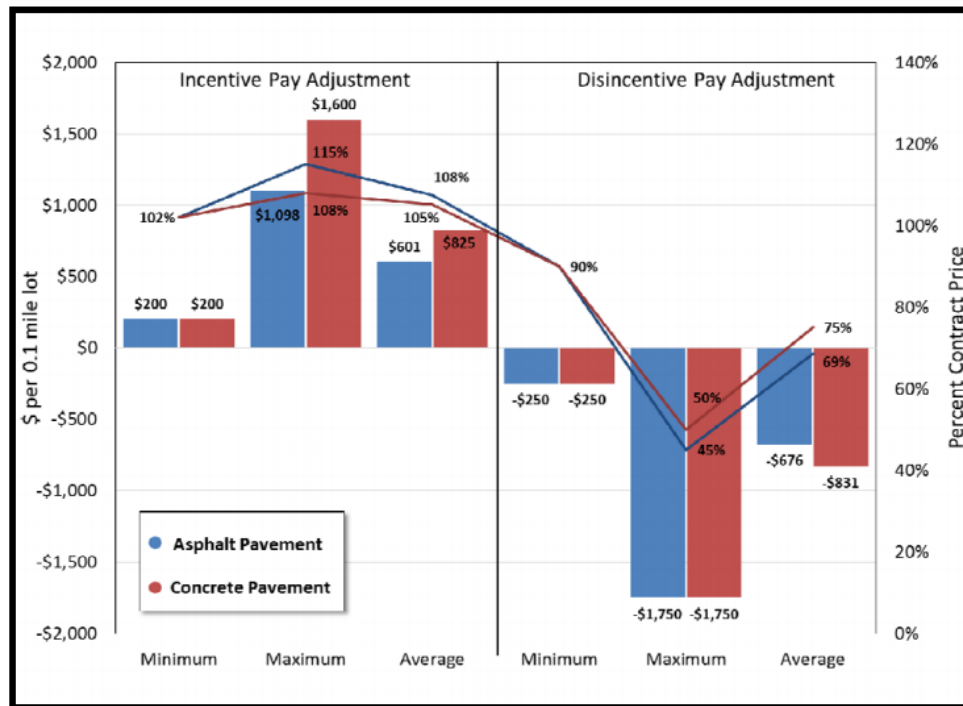


Figura 3.3.2: Comparación de incentivos/desincentivos según especificaciones de IRI.

Fuente: Merritt, Chang, and Rutledge (2015)

3.3.3.3.5. Rugosidad localizada Además de tener especificaciones para la regularidad general del pavimento, la mayoría de los estados también tienen disposiciones para la rugosidad localizada, que normalmente se identifica y se informa por separado. La razón principal para tener especificaciones de rugosidad localizada es identificar áreas aisladas de tramos irregulares a lo largo del pavimento, lo que potencialmente puede presentar una situación peligrosa para las personas (Merritt, Chang & Rutledge, 2015; Transtec, 2012).

La rugosidad localizada se especifica típicamente como una desviación de 0.125 inch (3.175 mm) hasta 0.25 inch (6.35 mm) sobre una regla de 10 o 16 pies (3 a 4.9 m). Este requisito aborda problemas obvios de rugosidad localizada (como juntas de construcción) que normalmente se corrigen durante la construcción; sin embargo, no identifica explícitamente los problemas de rugosidad localizada que afectan directamente la comodidad del viaje y la regularidad después de la construcción. La mayoría de los estados que usan especificaciones basadas en IRI tienen especificaciones de rugosidad localizada que usan datos recopilados por perfilómetros inerciales.

En general, las especificaciones de rugosidad localizadas se pueden agrupar en cuatro categorías:

3.3.3.3.5.1. IRI - continuo

Este método de identificación de rugosidad localizada se describe con más detalle en AASHTO R 54-14. Implica el uso de una longitud base para identificar las áreas que contribuyen desproporcionadamente a la rugosidad general (IRI/MRI/HRI). La longitud de base típica es de 25 ft (7.62 m) y el umbral varía de 80 a 200 in/mi (1.26 a 3.16 m/km) . Este método es muy eficiente para identificar el lugar exacto en el que se encuentra la rugosidad localizada.

3.3.3.3.5.2. IRI - intervalo fijo

Este método de identificación de rugosidad localizado utiliza el IRI/MRI/HRI calculado para segmentos discretos del perfil de pavimento para identificar segmentos donde la rugosidad excede un cierto umbral. Las longitudes de los segmentos son típicamente desde 25 ft a 0.01 mi (7.62 a 160 m), y los umbrales varían de 100 a 150 in/mi (1.58 a 2.37 m/km). Una desventaja de este método es que la rugosidad localizada se puede dividir entre dos segmentos adyacentes, ocultando efectivamente una particularidad que puede ser significativa.

3.3.3.3.5.3. Media móvil del perfil

Este método de identificación de rugosidad localizado utiliza la media móvil del perfil del pavimento (datos de elevación) para identificar desviaciones positivas “bumps” y desviaciones negativas “dips”. La longitud de base de la media móvil generalmente de 25 inch (TEX-1001-S), y el umbral para identificar bump/dip es generalmente de 0.15 (TEX-1001-S) a 0.40 in.

3.3.3.3.5.4. Simulación de perfilógrafo

Este método de identificación de rugosidad localizada utiliza una simulación desarrollada por un software/computador del trazo de un perfilograma para identificar “bumps” y “dips” de una manera similar a la que se usa con las especificaciones de perfilogramas.

La tabla 3.3.13 resume el rango de valores para varias especificaciones de regularidad localizada basadas en IRI:

Tabla 3.3.13: *Resumen de especificaciones de rugosidad localizada basadas en IRI (Merritt, Chang, and Rutledge, 2015)*

Method	Number of States		Range	
	Asphalt	Concrete		
Continuous IRI (25 ft. baselength)	11	12	80 in/mi	200 in/mi
Fixed Interval IRI	4	4	25 ft. segment: 150-160 in/mi	0.01 mi (52.8 ft.) segment: 100-125 in/mi
Profile Moving Average (25 ft. baselength)	4	1	0.15 inches	0.4 inches
Profilograph Simulation (25 ft. baselength)	2	2	0.3 inches	0.4 inches
Straightedge Only	18	4	1/8-inch in 16 ft.	1/4-inch in 10 ft.

3.3.3.4. Europa, Asia y Oceanía.

A continuación se presenta una revisión general de las especificaciones de IRI utilizadas en algunos países de Europa, Asia y Oceanía, las cuales se separan en carreteras nuevas o reconstruidas (sección 3.3.3.4.1) y carreteras en operación (sección 3.3.3.4.2).

3.3.3.4.1. Carreteras nuevas o reconstruidas A partir de la revisión bibliografía, se observa que los valores límites de IRI dependen principalmente de:

- Tipo de superficie (pavimento asfáltico o pavimento de hormigón).
- Categoría funcional de la vía.
- Límite de velocidad.
- Longitud del segmento de evaluación.
- Tránsito medio diario anual.

La mayoría de los países usan los mismos límites para pavimentos asfálticos y de hormigón. Rara vez se dan límites distintos para hormigón y asfalto, un ejemplo es Italia (Marradi, 2013). Umbrales de IRI se dan solo para pavimentos asfálticos en Polonia (GDDKiA, 2011) y Portugal (EdP, 2009). Diferentes límites de IRI son usados para carreteras nuevas así como para una garantía al final de un periodo de 5 años en Bosnia Herzegovina (RDoffB&H, 2005), República Checa (COfSMaT, 2015), Polonia y Eslovaquia (MDVaRR, 2012). Se definen diferentes umbrales de IRI para carreteras nuevas, reconstruidas y rehabilitadas en Bielorrusia (MTiKRB, 2012), Portugal y España (MdF, 2018).

Países como Australia (Moffatt, 2007), Bielorrusia (MTiKRB, 2012), Hungría (MUT 2008), Kazajistán (MIiTRK, 2003), Lituania (LAKDpSMD, 2014), Noruega (NPRA, 2014a), Polonia, Rusia (MRRRF, 2012), Eslovaquia y España definen especificaciones de IRI como función de la categoría funcional de la vía.

En algunos países los umbrales de IRI se definen en función de la velocidad límite. Australia distingue entre dos velocidades límites para autopistas y carreteras principales ($V < 80$ km/h y $V = 100$ km/h). En República Checa, los umbrales son definidos para dos rangos de velocidades ($V < 50$ km/h y $V > 50$ km/h). Suecia (Trafikverket, 2014) utiliza ocho niveles de velocidades entre 50 y 120 km/h. Debido que las categorías funcionales se definen a diferentes límites de velocidad, los límites de IRI son indirectamente una función de la velocidad en países como Bielorrusia, Hungría, Kazajistán, Lituania, Noruega, Rusia, Eslovaquia y España.

Las longitudes de los segmentos de evaluación de IRI son:

- Italia (10 m).
- Eslovaquia, República Checa, Bosnia y Herzegovina, Eslovenia, Suecia (20 m).
- Polonia (50 m)
- Bosnia Herzegovina, El Salvador, Estonia, Filipinas, Eslovenia España, Ucrania, Canadá (100 m).
- Chile, Costa Rica (200 m).
- Suecia (400 m).
- Australia (500 m).
- Noruega (600-1600 m).

Algunos países tienen límites para distintas longitudes Bosnia Herzegovina y Eslovenia (20 y 100 m), Suecia (20 y 400 m). Algunos países usan segmentos cortos (Italia 10 m, Polonia 50 m, Canadá 100m), pero las decisiones se toman para segmentos más largos (Italia la sección entera, Polonia y Canadá 1000 m). Los umbrales de IRI se definen como el promedio de los valores (Italia y Polonia) o como un porcentaje de las observaciones (Quebec).

Los umbrales de IRI para rugosidad localizada en segmentos cortos (7.62 a 10 m) se usan en provincias canadienses (Alberta, Nueva Escocia, Ontario). Lo que está en línea con la práctica utilizada en Estados Unidos 3.3.3.3.

Algunos países usan el TMDA (tránsito medio diario anual) como criterio para los umbrales de IRI (Bosnia Herzegovina, Estonia, Noruega, Eslovenia, Suecia). Bosnia Herzegovina y Eslovenia dividen las carreteras en dos grupos con límites para TMDA=2000 veh/día, Noruega para TMDA=3000 veh/día, Suecia para TMDA= 4000 veh/día, y Estonia especifica 4 grupos.

La mayoría de los países especifican un valor constante de IRI para un segmento de longitud definida. Percentiles de observaciones son usados en República Checa (95 y 100), Noruega (90) y España (50, 80 y 100). Utilizar percentiles en lugar de un valor constante es un ejemplo de control de variabilidad de IRI en la evaluación de una sección (República Checa, Noruega, España).

Un enfoque bastante detallado es el que utiliza Suecia (Trafikverket, 2014). Los umbrales se dividen en categorías basadas en límites de velocidad y tránsito medio diario anual (tabla 3.3.14). Se especifica utilizar segmentos de 20 m, obteniéndose el valor promedio y desviación estándar de IRI en un segmento de 400 m. Esto implica que la variabilidad de IRI impacta en la especificación. Un segmento de 400 metros con alta variabilidad tendrá un umbral de IRI más restrictivo.

Tabla 3.3.14: Valores de IRI admisibles en controles receptivos de nuevas carreteras en Suecia (Adaptado de Trafikverket, 2014)

Longitud de evaluación	IRI (m/km)	Velocidad (km/h)	Tránsito medio diario anual (veh/día)	Longitud de evaluación (m)	Desviación estándar (m/km)	IRI _{promedio} (m/km)	Velocidad (km/h)	Tránsito medio diario anual (veh/día)
20	2.4	50	≤ 4000	400	$S_{IRI} \leq 0.7$	$\leq 1.8 - 0.4S_{IRI}$	50	-
	2.2	50	> 4000		$S_{IRI} \leq 0.6$	$\leq 1.5 - 0.4S_{IRI}$	80	≤ 4000
	1.8	80	≤ 4000		$S_{IRI} \leq 0.5$	$\leq 1.4 - 0.4S_{IRI}$	80	> 4000
	1.7	80	> 4000		$S_{IRI} \leq 0.5$	$\leq 1.5 - 0.4S_{IRI}$	100	≤ 4000
	1.5	100	≤ 4000		$S_{IRI} \leq 0.4$	$\leq 1.4 - 0.4S_{IRI}$	100	> 4000
	1.4	100	> 4000		$S_{IRI} \leq 0.3$	$\leq 1.0 - 0.4S_{IRI}$	120	> 4000
	1.1	120	-		* IRI _{promedio} y Desviación estándar (S _{IRI}) en base a 20 mediciones de 20 m.			

Existen diferencias en los umbrales de IRI para segmentos de igual longitud (figura 3.3.3) . Dichos umbrales varían entre 1.1 m/km (Suecia, 120 km/h) y 1.9 m/km (Eslovaquia, autopistas y vías expresas) para intervalos de 20 m. Entre 1.2 m/km (Hungría, principales carreteras) a 2.2 m/km (Rusia, autopistas y carreteras de primera clase) para intervalos de 100 m.

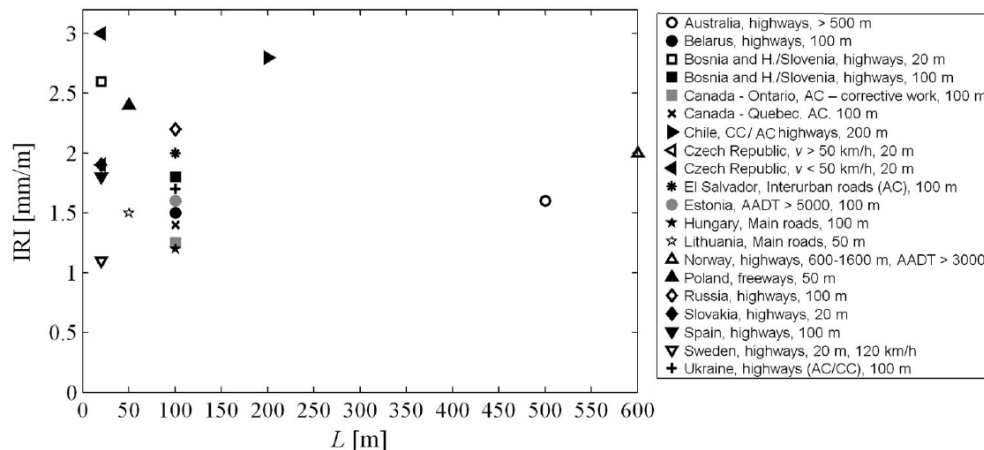


Figura 3.3.3: Comparación de umbrales de IRI para carreteras nuevas o reconstruidas en función de la longitud del segmento de evaluación

Fuente: Adaptado de Múčka, P. (2017)

3.3.3.4.2. Carreteras en operación De forma análoga a las carreteras nuevas, se tiene que para las carreteras en operación los umbrales de IRI dependen de:

- Tipo de superficie (pavimento asfáltico o pavimento de hormigón).
- Categoría funcional de la vía.
- Límite de velocidad.
- Longitud del segmento de evaluación.
- Tránsito medio diario anual.

Países como Australia, Bielorrusia, Costa Rica, República Checa, Kazajistán, Noruega, Eslovaquia y Rusia utilizan los mismos umbrales para pavimentos de hormigón y asfalto.

En algunos países los valores umbrales de IRI se definen en función de la velocidad límite. En República Checa, los umbrales se definen para dos rangos de velocidades ($V < 50$ km/h, $V > 50$ km/h). Suecia usa ocho niveles de velocidad (50-120 km/h). Debido que las categorías funcionales de las carreteras, dependen de la velocidad límite, los umbrales de IRI son indirectamente una función de la velocidad en algunos países (Bielorrusia, Estonia, Hungría, Irlanda, Kazajistán, Lituania, Noruega, Polonia, Rusia, Eslovaquia, España).

Las longitudes de los segmentos de evaluación de IRI son:

- Italia (10 m).
- República Checa, Noruega y Eslovaquia (20 m).
- Polonia (50 m).
- Bielorrusia, Estonia, Irlanda, Nueva Zelanda, España y Suecia (100 m).
- Chile, Costa Rica (200 m).
- Australia (500 m)

Algunos países usan segmentos cortos (Italia -10 m, Noruega-20 m, Polonia- 50 m, Costa Rica-200 m), pero las decisiones se toman sobre el valor promedio en un intervalo más largo (Italia- longitud total, Noruega - 1 km, Polonia 500 m - 1500 m, Costa Rica - 1 km).

En la mayoría de países, se asume como límite un valor constante en un segmento. Se utilizan percentiles de observaciones en España (50 %, 80 %, 100 %); Noruega (90 %), y Nueva Zelanda (99 %).

Se observan diferencias en las especificaciones para una longitud de segmento dada (figura 3.3.4). Por ejemplo, los umbrales de IRI varían entre 3.5 m/km (Noruega, TMDA > 10000 veh/día), y

8 m/km (Eslovaquia, autopistas y vías expresas) para intervalos de 20 m , diferencias entre 2.6 m/km (Lituania, principales carreteras) y 5.7 m/km (Polonia, autopistas y vías expresas) para intervalos de 50 m, y entre 2.4 m/km (Suecia, 120 km/h, TMDA >2000), y 4.5 m/km (Bielorrusia, Categoría I) para intervalos de 100 m.

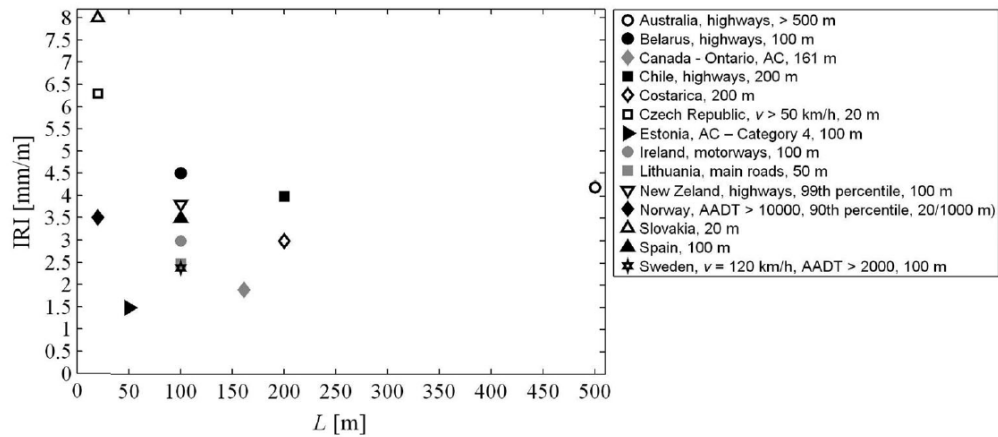


Figura 3.3.4: Comparación de umbrales de IRI para carreteras en operación, según la longitud del segmento de evaluación.

Fuente: Adaptado de Můčka, P. (2017)

3.3.3.5. Consideraciones para la medición y el cálculo de IRI

La presente sección, tiene como objetivo identificar las principales consideraciones para la medición de perfiles longitudinales y posterior cálculo del IRI, de modo de abordarlas en la propuesta de evaluación de regularidad longitudinal del pavimento (sección 3.3.4).

3.3.3.5.1. Línea efectivamente recorrida El perfil longitudinal es una propiedad de un corte de la carretera, mostrando solo una imagen de la condición real del pavimento (Karamihas, S. M., 1999). La mayor fuente de variación existente entre las mediciones de perfiles es debido a que se mide una línea distinta del pavimento cada vez. Este aspecto, es aún más significativo si la medición es realizada por medio de perfilómetros inerciales, los cuales necesitan una velocidad mínima de operación. Es imposible medir a una distancia constante desde el borde de la calzada sin cierta tolerancia, la cual varía según el conductor y las condiciones de tránsito del lugar.

Por otro lado, existe una variación longitudinal, la cual se debe principalmente a que el punto de inicio de la medición no siempre es el mismo. En la actualidad, los perfilómetros inerciales poseen sistemas manuales y automáticos para gatillar la medición. Estos últimos consisten en marcas con propiedades reflectivas especiales que son ubicadas al inicio del tramo que se debe medir, el perfilómetro las detecta automáticamente iniciando la recolección de datos, sin embargo, existe un tiempo de retardo en este proceso que es propio de cada instrumento.

El instrumento también puede gatillar la medición por medio de un sistema manual, éste queda condicionado a la capacidad del operador de acertar el punto de inicio a velocidades normales de circulación. Además, se debe tener en consideración el retraso del sistema desde que se activa hasta que se recolectan datos. Ambos efectos pueden significar rangos de varios metros de diferencia entre mediciones consecutivas. Si el sistema se debe detener manualmente, este problema se presenta a su vez al finalizar la medición.

3.3.3.5.2. Localización de sensores Como se describe en la sección 3.3.3.5.1, existen diferencias entre los valores de regularidad longitudinal del pavimento en función de la posición lateral de la medición. Esta variación lateral puede ser considerable en algunos casos, por lo que el valor obtenido de regularidad longitudinal no va a ser exactamente comparable si los equipos toman mediciones en posiciones muy alejadas.

En los perfilómetros inerciales comunes, existe la posibilidad de instalar sensores en la huella izquierda y/o derecha, e incluso en posiciones intermedias, pero el espacio entre estos es relativo. Con el objetivo que las mediciones sean comparables, se debe considerar este aspecto entendiendo que el IRI es una propiedad de un solo perfil de la carretera, por lo que valores entre huellas distintas o entre una huella y el promedio de otras dos, pueden inducir discrepancias entre los resultados.

Las especificaciones de perfiles longitudinales se pueden agrupar en tres casos:

3.3.3.5.2.1. Un perfil longitudinal

Se define una distancia del borde derecho de la pista (República Checa, Polonia), en el centro de la pista (Canadá- Columbia Británica), o en la huella izquierda (Irlanda).

3.3.3.5.2.2. Dos perfiles longitudinales

Se definen diferentes longitudes para la distancia entre perfiles (Idaho, Iowa, Carolina del Norte, Dakota del Norte, Ohio, Oregon, Dakota del Sur) (SSO 2012). HPMS field Manual (HPMS 2014) recomienda 1.5 m, Dakota del Norte y Dakota del Sur especifican una distancia de 1.67 m, Iowa y Oregon 1.8 m. AASHTO R43-13 y ASTM E950 especifican la ubicación de dos sensores a una distancia de 1.5 m (58 in) y 1.8 m (71 in) en las huellas de las ruedas.

3.3.3.5.2.3. Más de dos perfiles longitudinales

En Eslovaquia (MDVaRR 2012), se miden 13 perfiles longitudinales a través de un perfilómetro inercial y se utiliza como valor representativo el IRI máximo de estos perfiles.

En la tabla 3.3.15 se resumen las especificaciones mencionadas.

Tabla 3.3.15: *Resumen de especificaciones de perfiles longitudinales para calcular el IRI*

Nº de perfiles	País (Referencia)	Especificación
1	Polonia (GDDP, 2002)	El perfil medido debe coincidir con la huella de la rueda derecha
	Canadá - Columbia Británica (SSfHC 2011)	El perfil medido debe coincidir con el centro de la pista.
	República Checa (COFSMaT, 2015)	El perfil medido debe estar a una distancia de 0.8 a 1.2 m del borde derecho de la pista
2	Idaho, Carolina del Norte, Ohio (SSO 2012)	Los perfiles medidos deben estar a 1 m (3 ft) de cada borde de la pista
	Iowa, Oregon (SSO 2012)	Los perfiles medidos deben estar a 0.9 m (3 ft) y 2.7 m (9 ft) de la línea central
	Dakota del Norte, Dakota del Sur (SSO 2012)	Los perfiles medidos deben estar a 0.79 m (31 in.) y 2.46 m (97 in.) de la línea central
	Canadá – Ontario (ACSO 2014)	Los perfiles medidos deben estar a 0.9 m a cada lado de la línea central de la pista
	HPMS field manual (HPMS 2014)	Los perfiles medidos deben estar a 0.75 m a cada lado de la línea central de la pista
> 2	Eslovaquia (MDVaRR, 2012)	Se utilizan 15 láseres. El IRI por pista es el máximo valor para los perfiles medidos por los láseres n° 2 -14 (no se consideran los exteriores)

3.3.3.5.3. Velocidad de operación El objetivo de los perfilómetros inerciales es medir el perfil “verdadero” de la carretera, que por definición, es un perfil estático que no tiene asociada una velocidad, por lo que esta no debe ser un factor en la medición.

El acelerómetro, que sirve como referencia inercial, debe medir las aceleraciones inducidas y a medida que son mayores las longitudes de onda se tienen menores aceleraciones, por lo que disminuye la señal que recibe, confundándose con el ruido propio de las mediciones. Mientras mayor sea la longitud de onda de interés para el cálculo del índice, mayor debe ser la velocidad de operación. La norma ASTM E-950 (apéndice A.2.9.2) establece los requisitos mínimos de los acelerómetros y recomendaciones para la velocidades mínimas de operación.

El límite superior de velocidad está dado por la tasa de muestreo que posee el perfilómetro (a mayor velocidad mayor es la distancia entre puntos consecutivos) y la rugosidad del camino (rugosidades muy elevadas van a inducir aceleraciones fuera del rango de medición). La norma ASTM E-950 define clases de equipos en función del intervalo de muestreo longitudinal de datos (apéndice A.2.9.2).

Los cambios de velocidad también pueden afectar las mediciones. Las aceleraciones y desaceleraciones del vehículo pueden llevar al acelerómetro a perder su posición vertical contaminando su referencia inercial con una componente horizontal de aceleración.

3.3.3.5.4. Condiciones ambientales Existen condiciones bajo las cuales las mediciones del perfil longitudinal no se deben realizar, normalmente éstas vienen especificadas por cada fabricante. En esta sección solo se incluyen variables que afectan las mediciones de perfilómetros inerciales láser, por ser los adoptados como equipo de medición de la regularidad longitudinal del pavimento. Otros tipos de sensores, como los de ultrasonido, han probado tener especial sensibilidad a factores ambientales, como el viento, o en el caso de los sensores ópticos, sensibilidad a condiciones lumínicas y al color del pavimento.

Condiciones extremas de temperatura pueden llegar a causar errores en las mediciones de altura del láser. Un alto gradiente de temperatura a lo largo del recorrido de la luz láser tiene el potencial de inducirle curvatura (Dynatest, 2013). Sin embargo, estas condiciones extremas rara vez se encuentran en la práctica.

La medición de distancia longitudinal está relacionada con el radio del neumático y éste es dependiente de la temperatura, y la presión de inflado (Dynatest, 2013), por lo cual si hay grande diferencias de temperatura entre la calibración de distancia y el momento de realizar las mediciones, se puede inducir un error. Por otro lado, la humedad puede afectar de forma indirecta si se produce condensación en la superficie que atraviesa el láser, generando refracción. La medición de perfiles no debe realizarse sobre pavimentos mojados.

3.3.3.5.5. Tipo de láser En un perfilómetro inercial, la medición de altura relativa a la referencia inercial se realiza a través de luz láser, por medio de un principio de triangulación. Se proyecta un punto de luz láser en la superficie del pavimento, y éste es reflejado y percibido por un lente a una distancia fija del láser. En función del ángulo con que es percibido se calcula la altura a la cual se encuentra la superficie.

Aun basados en el mismo principio, el sistema para medir la altura puede variar entre distintos equipos. Pueden diferir en el tamaño y forma de la luz que proyectan sobre el pavimento, esto tiene un efecto directo sobre cómo se perciben características como la textura superficial o las grietas. Si el tamaño de la luz proyectada es pequeño, el sensor probablemente incluirá las grietas en el perfil, midiéndose una rugosidad más alta. Si bien las grietas existen, no son representativas de la rugosidad ya que el efecto envolvente del neumático impide que sean percibidas por los usuarios. Una luz proyectada más amplia tiende a ser un mejor reflejo de lo que sucede en la realidad, donde el neumático cubre un área específica sobre la superficie.

Los sensores láser se pueden clasificar en cuatro grupos (Múčka, P., 2017):

- Huella delgada, poseen una luz reflejada circular con un diámetro entre 1 y 3 mm.
- Huella ancha, poseen una luz reflejada entre 12 y 17 mm de largo y 1 mm de ancho, donde la dimensión más extensa va en el sentido perpendicular a la dirección de viaje.
- RoLine, posee una longitud de huella de 110 mm con un ancho de 1 mm compuesta por cerca de 100 puntos de medición, la dimensión más extensa va en el sentido perpendicular a la dirección de viaje.
- TriOD, consisten en 3 puntos láser consecutivos separados por cerca de 40 mm cada uno.

La diferencia entre ellos radica, principalmente, en la necesidad de obtener mediciones que reflejen de forma cercana lo que sucede en el neumático del vehículo al circular por la carretera, especialmente en el caso de pavimentos con textura o agrietados. Específicamente, el uso de un láser de tamaño pequeño (láser de punto) puede dar lugar a mediciones de rugosidad artificialmente elevadas en pavimentos de hormigón debido a la textura de la superficie creada a través del ranurado. Debido a esto, se recomienda un láser de línea que sea más representativo de la huella de un neumático al medir la regularidad en superficies de hormigón con textura (ACPA 2003; ACPA 2013).

A pesar de lo anterior, las especificaciones basadas en IRI a menudo no diferencian entre tipos de láseres y especifican únicamente requisitos de precisión y exactitud de la medición, como por ejemplo las normas ASTM E-950 y Tex-1001-S (apéndices A.2.9.2 y A.2.9.3).

3.3.3.5.6. Análisis de la variación del IRI según la longitud de evaluación Para especificar el IRI de una carretera es necesario indicar la longitud en la que se determina dicho valor, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios o puntuales que se obtienen. Intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de irregularidad superficial en los pavimentos, obteniendo de una manera inadecuada valores de IRI satisfactorios. Por otra parte, la utilización de intervalos de longitud menores para la determinación del IRI puede detectar niveles altos de regularidad, contribuyendo a obtener pavimentos con mejores niveles de seguridad y comodidad.

Para ilustrar este efecto, se presenta el caso reportado en Costa Rica (Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R., 2008), donde se realizó un ensayo que recolectó datos del perfil longitudinal cada 25 mm, y se calculó el IRI cada 5 m. Para tales efectos se utilizó un perfilómetro inercial Mark III de la marca Dynatest, que según la norma ASTM E950 clasifica como un equipo Clase 1.

Dado que, el IRI es el valor medio de los IRI puntuales que se obtienen, es posible promediar los valores de IRI de longitudes de evaluación más pequeñas para obtener el valor de IRI en longitudes de evaluación mayores. Por lo tanto, se utilizaron los datos obtenidos con el perfilómetro inercial cada 5 m, y se promediaron los resultados a diferentes intervalos, por ejemplo 20, 50, 100 y 200 m (figura 3.3.5).

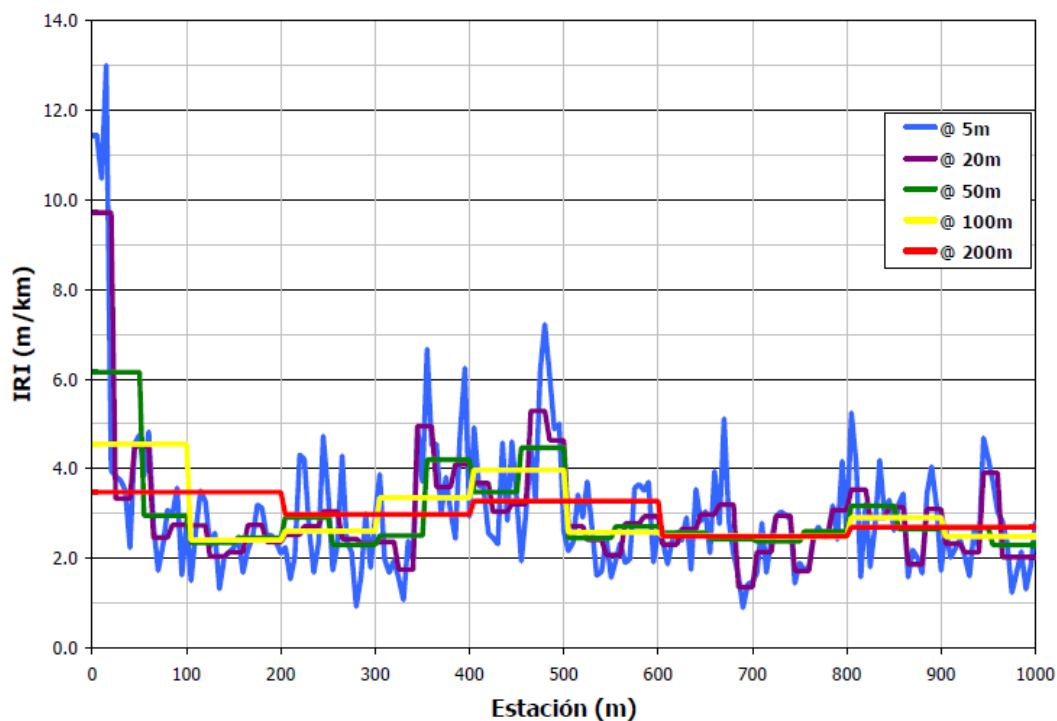


Figura 3.3.5: Variación en el valor del IRI según la longitud de evaluación.

Fuente: Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008)

Como se puede observar en la figura 3.3.5 las variaciones en la longitud del intervalo de medición del IRI, tiene incidencia directa en los resultados, de forma tal que los valores se suavizan como consecuencia del efecto de promediar. Lo cual es bastante evidente, al observar los primeros 200 m del tramo, en el cual se dan valores de IRI mayores a 10 y valores de IRI inferiores a 2 m/km, cuando el intervalo de evaluación es igual a 5 m. Por otro lado, al calcular el valor del IRI en una longitud de evaluación de 200 m, el efecto de promediar los valores dentro de este tramo muestra un valor de IRI igual a 3.5 m/km, lo cual puede resultar en la obtención inadecuada de valores de IRI satisfactorios en algunos casos.

3.3.3.5.7. Análisis del efecto de singularidades en la medición y cálculo del IRI A continuación, se analiza el efecto que tienen determinadas singularidades en el valor de IRI y su respectiva área de influencia. Para ilustrar dichos efectos, se presentan las simulaciones realizadas por Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008).

En primer lugar, se realizó una simulación del efecto de juntas de construcción con acabados deficientes. Se consideran dos casos:

- Una junta entre dos tramos consecutivos de 50 metros cada uno, en la cual en una longitud de 5 cm se produjo una depresión de 1.5 cm de profundidad (figura 3.3.6).
- Se supuso que entre dos tramos consecutivos de 50 metros cada uno, existía una diferencia de elevación de 1.5 cm, con una transición de solamente 2.5 cm, producto de problemas constructivos en la conformación de la junta de construcción (figura 3.3.7).

En ambos casos se tiene singularidades muy puntuales en el tramo simulado que generan un incremento en el valor del IRI. Sin embargo, este incremento es aún más evidente cuando se utilizan intervalos o longitudes de evaluación más cortos, por ejemplo, un intervalo de longitud de evaluación cada 5 metros permite identificar claramente el punto donde se encuentra la singularidad; no obstante, un intervalo de medición tan pequeño definirá valores de IRI relativamente altos para particularidades tan pequeñas como ésta. Es evidente también, que conforme se aumenta la longitud de evaluación, los resultados se suavizan por lo que se obtienen valores de IRI satisfactorios, además de que se imposibilita determinar el sitio donde se presentan las particularidades. Finalmente, las figuras 3.3.6 y 3.3.7, muestran claramente el área de influencia de la singularidad.

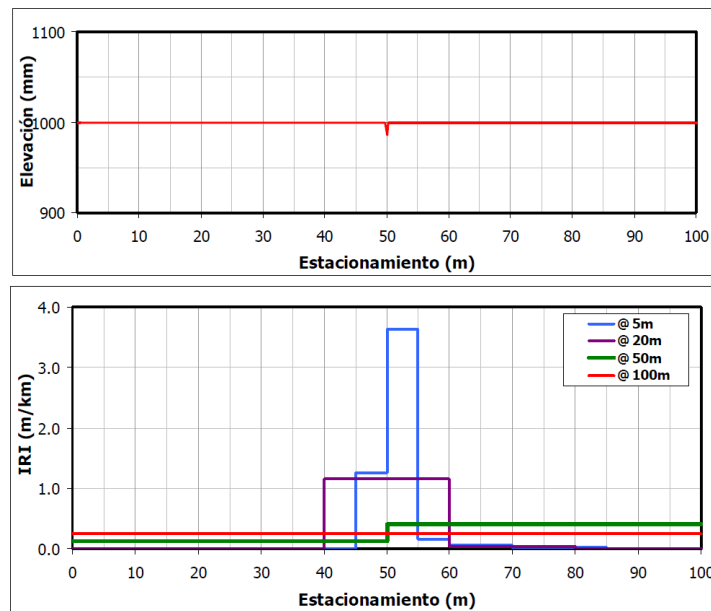


Figura 3.3.6: Simulación de una junta de construcción (caso 1)

Fuente: Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008)

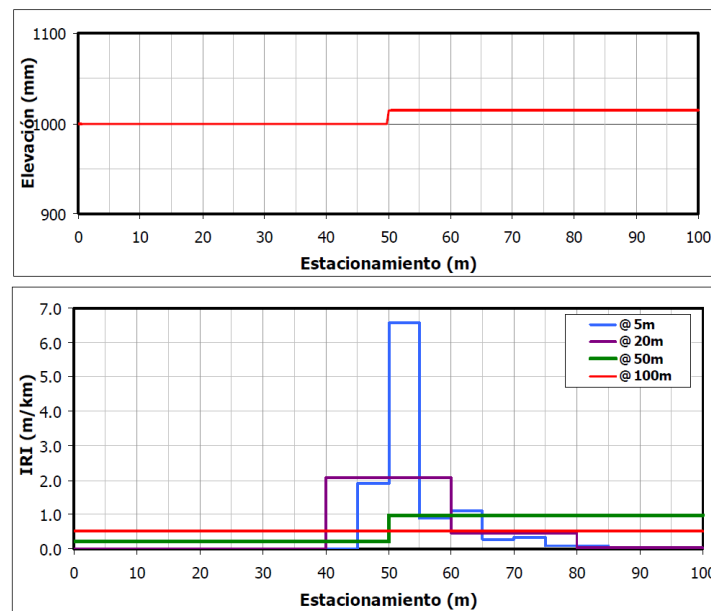


Figura 3.3.7: Simulación de una junta de construcción (caso 2)

Fuente: Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008)

Adicionalmente, se realizó la simulación del efecto de un actividad de bacheo con un mal acabado de aproximadamente 10 metros de longitud, en el cual existe una sobreelevación respecto a la superficie del pavimento de 2.5 cm (figura 3.3.8).

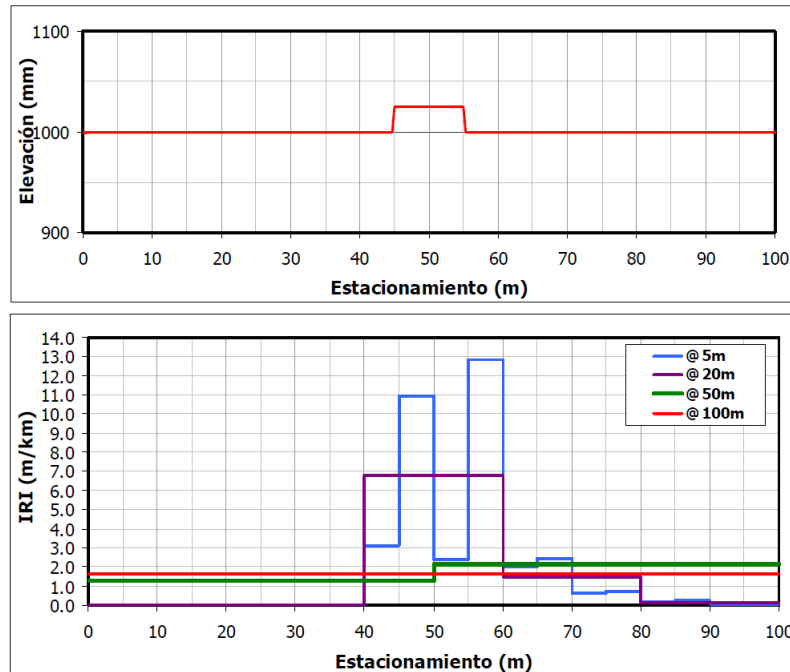


Figura 3.3.8: Simulación de un bache de 10 m de longitud mal cerrado

Fuente: Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008)

Nuevamente se observa que las singularidades generan un incremento en el valor del IRI, el cual es más evidente cuando se utilizan intervalos o longitudes de evaluación más cortos. Conforme aumenta la longitud de evaluación, los valores de IRI se reducen e imposibilitan determinar el sitio donde se presentan las particularidades. Además, se observa el área de influencia de la singularidad del sitio donde se presentó la particularidad, especialmente cuando se emplean intervalos de evaluación pequeños.

3.3.4. Propuesta para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento

A continuación se presenta la propuesta que define todos los aspectos involucrados en la evaluación de la regularidad longitudinal del pavimento.

3.3.4.1. Parámetro técnico

De acuerdo a lo que se presenta en la sección 3.3.1, se define la utilización del Mean Roughness Index (MRI) como parámetro técnico para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.

3.3.4.2. Equipo de medición

De acuerdo a lo que se presenta en la sección 3.3.2, se define el perfilómetro inercial de alta velocidad como equipo de medición, con las siguientes consideraciones:

3.3.4.2.1. Línea efectivamente recorrida De acuerdo a lo que se presenta en la sección 3.3.3.5.1, la mayor fuente de variación existente entre las mediciones de perfiles es debido a que se mide una línea distinta del pavimento cada vez. Por lo tanto, con el objetivo de circunscribir el análisis a la zona de interés, el equipo de medición deberá poseer un mecanismo para detectar las líneas de demarcación plana como por ejemplo, a través de perfiles de intensidad (Laurent, J., Hebert, J. F., Lefebvre, D., & Savard, Y. , 2012).

3.3.4.2.2. Localización de sensores De acuerdo a lo que se presenta en la sección 3.3.3.5.2, es necesario establecer la localización de los sensores. Por lo tanto, para definir la ubicación de la huella interna y externa dentro de la pista, se considera que estas se encuentran a 0.7 m de las líneas de demarcación plana que definen el ancho de la pista, es decir, en una pista de 3,5 m de ancho la separación entre los sensores debe ser 2.1 m.

3.3.4.2.3. Velocidad de operación De acuerdo a lo que se presenta en la sección 3.3.3.5.3, la velocidad mínima depende de la resolución de los acelerómetros, por lo tanto, el equipo deberá cumplir los requisitos de resolución de los acelerómetros y velocidad mínima definida en ASTM E950.

El límite superior de velocidad está dado por la tasa de muestreo que posee el perfilómetro (a mayor velocidad mayor es la distancia entre puntos consecutivos), por lo tanto, se establece que equipo de cumplir con el intervalo de muestreo longitudinal de datos correspondiente a un equipo de clase 1 según ASTM E950.

3.3.4.2.4. Condiciones meteorológicas De acuerdo a lo que se presenta en la sección 3.3.3.5.4, respecto de las condiciones meteorológicas, se deberán seguir las recomendaciones dadas por el fabricante, sin embargo, no deben realizarse medición de perfiles sobre pavimentos mojados.

3.3.4.2.5. Tipo de láser De acuerdo a lo que se presenta en la sección 3.3.3.5.5, si bien existen diferentes tipos de láser, para el equipo de medición se propone especificar solamente requisitos de precisión y exactitud de acuerdo a la norma ASTM E 950 (Clase I). 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 (sección A.2.6), utilizando métodos de ensayo referenciales como AASHTO R41 o ASTM E2133 .

3.3.4.3. Longitud de evaluación

En el contexto de la presente investigación, la evaluación de regularidad longitudinal del pavimento es a nivel de proyecto, por lo tanto, considerando lo que se presenta en las secciones 3.3.3.5.6 y 3.3.3.5.7, se propone emplear una longitud de evaluación de 50 m, ya que dicho intervalo permite identificar claramente los tramos o puntos que presentan problemas de regularidad longitudinal del pavimento, contribuyendo a obtener pavimentos que ofrecen mayor comodidad. Además, como se presenta en la sección 3.3.3.5.6, cuando existe una alta dispersión en los valores de IRI, los intervalos de medición mayores ocultan inadecuados niveles de regularidad longitudinal en el pavimento, obteniendo valores de IRI satisfactorios. Adicionalmente, a partir de las mediciones cada 50 m, se determinará el IRI para cada km fijo como el promedio de las 20 mediciones de 50 m. El objetivo es que la regularidad del pavimento sea uniforme en longitudes considerables (promedio 1 km) sin permitir excesivas variaciones dentro de dicho intervalo.

3.3.4.4. Metodología de cálculo

La metodología de medición del perfil longitudinal se debe basar en la normativa ASTM E950 “Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference”. Dicha normativa cubre la medición y almacenamiento de datos de perfil medidos en base a una referencia inercial establecida por acelerómetros, tal y como se resume en la sección A.2.9.2. Posteriormente, se debe calcular el IRI de cada perfil longitudinal, basado en la normativa ASTM E1170 “Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces”. Dicha normativa abarca el cálculo de la respuesta vehicular, a partir de los datos de perfil longitudinal del pavimento evaluado (según ASTM E950). 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.

3.3.4.5. Escala de valores de IRI

El IRI se define mediante una escala numérica, donde 0 m/km representa una superficie perfectamente uniforme y el valor crece a mayor irregularidad del pavimento. En la figura 3.3.9 se muestra la escala de medición definida en el estudio desarrollado por el Banco Mundial, en la cual se describen las características del pavimento dependiendo del valor de IRI (Sayers, 1986). Dicha figura presenta, de manera general, el amplio rango de valores de IRI posibles de obtener.

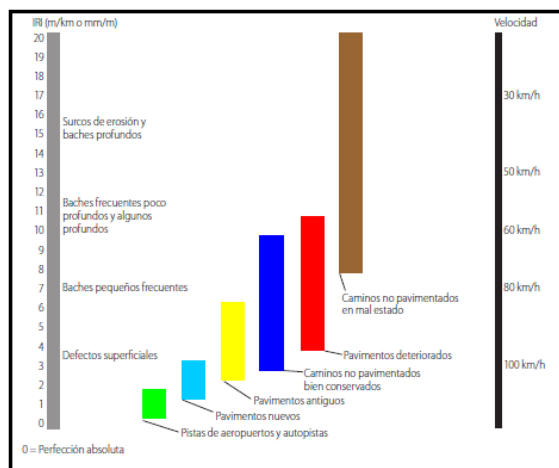


Figura 3.3.9: Escala de valores de IRI.

Fuente: Adaptado de Sayers (1986)

En secciones previas (3.3.3.1.1, 3.3.3.1.2, 3.3.3.2, 3.3.3.3 y 3.3.3.4) se han presentado umbrales de IRI exigidos en carreteras de alto estándar en diferentes países, asimilables al estándar requerido en carreteras concesionadas de Chile. Dichos umbrales se han especificado para controles receptivos y durante la fase de operación. De esta revisión, se ha identificado que existen amplias diferencias en los umbrales de IRI para segmentos de igual longitud, pero que en general son más exigentes que las consideradas en Chile (sección 3.3.3.1). Por lo tanto, se proponen los niveles de desempeño presentados en la tabla 3.3.16 para cada una de las longitudes de evaluación definidas en la sección 3.3.4.3. Los niveles de desempeño definidos (muy malo, malo, justo, bueno, muy bueno) pretenden generar una diferenciación entre la comodidad de viaje ofrecida por las distintas secciones. Esta propuesta de niveles de desempeño, se evalúa con datos reales de carreteras interurbanas concesionadas en etapa de operación en el apéndice B.1.

Tabla 3.3.16: Niveles de desempeño para secciones de 50 m y 1 km.

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 50 m se tiene un nivel de desempeño según se define en (I).				
Cada 1 km se tiene un nivel de desempeño según se define en (II).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(I) MRI individual (cada 50 m) [m/km]				
[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
(II) MRI promedio (cada 1 km) [m/km]				
[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5

Una vez definidos los niveles de desempeño para cada una de las secciones (tabla 3.3.16), se presenta la propuesta para determinar la calificación categórica global del indicador técnico en términos de la distribución de secciones en cada rango de calificación (tabla 3.3.17), esta permite diferenciar el desempeño de las distintas carreteras evaluadas en términos de regularidad longitudinal del pavimento. A modo de ejemplo, para que la calificación global del indicador técnico sea “muy bueno”, se debe cumplir simultáneamente que:

- El porcentaje de secciones de 50 m con MRI entre 0.0 y 1.5 m/km sea mayor o igual a 50 %.
- El porcentaje de secciones de 50 m con MRI entre 1.5 y 2.5 m/km sea menor a 50 %.
- El porcentaje de secciones de 50 m con MRI entre 2.5 y 3.5 m/km sea menor a 3 %.
- El porcentaje de secciones de 50 m con MRI entre 3.5 y 5.0 m/km sea menor a 0.5 %.
- El porcentaje de secciones de 50 m con MRI mayor a 5 m/km sea 0.0 %.
- El porcentaje de secciones de 1 km con MRI entre 0.0 y 1.0 m/km sea mayor o igual a 50 %.
- El porcentaje de secciones de 1 km con MRI entre 1.0 y 2.0 m/km sea menor a 50 %.
- El porcentaje de secciones de 1 km con MRI entre 2.0 y 3.0 m/km sea menor a 3 %.
- El porcentaje de secciones de 1 km con MRI entre 3.0 y 4.0 m/km sea igual a 0.0 %.
- El porcentaje de secciones de 1 km con MRI mayor a 4 m/km sea igual a 0.0 %.

Tabla 3.3.17: Propuesta para determinar la calificación categórica global del indicador técnico.

		<u>MRI puntual (50 m)</u>				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de MRI puntual				
		[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	> 5.0
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	≤ 0.5%	= 0%
	Justo	100%			≤ 0.5%	= 0%
	Malo	-			]0.5, 2.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

		<u>MRI promedio (1 km)</u>				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de MRI promedio				
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	> 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0%	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	-			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

* La calificación que ingresa al modelo de N.S. es la peor de las anteriores (entre MRI promedio e MRI puntual).

3.3.4.6. Consideraciones adicionales

Los datos obtenidos de cada perfil longitudinal deberán ser guardados en un archivo de formato compatible con el software “ProVal” desarrollado por la FHWA (Transtec, 2012) el cual es ampliamente utilizado en todo el mundo para efectuar estudios de regularidad del pavimento, y entre otras herramientas permite realizar análisis posteriores de los resultados obtenidos, por ejemplo, usando otros intervalos de evaluación.

3.3.4.7. Ficha técnica

En las figuras 3.3.10 y 3.3.11, se presenta la ficha técnica que resume todos los aspectos involucrados en la evaluación de la regularidad longitudinal del pavimento.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Regularidad longitudinal del Pavimento			
IDENTIFICADOR	PL-CA-FT1			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la regularidad longitudinal del pavimento (PL-CA-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Mean Roughness Index (MRI)	m/km	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 E1170 - 97(2017) Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces.				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Perfilómetro Inercial (Clase 1, según ASTM E950)				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
La metodología de medición del perfil longitudinal se debe basar en la normativa ASTM E950. Esta medición se debe realizar en todas las pistas del área de concesión exceptuando las vías de servicio.				
Se deben medir 2 perfiles longitudinales por pista, cada uno a 0.7 m de distancia de las línea que demarcan la pista (2.1 m de separación entre los transductores de distancia en el caso de una pista de 3.5 m).				
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.				
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.				
Las definición de singularidades debe ser aprobada por el inspector fiscal.				
Se calcula el valor de MRI individual (cada 50 m) y el valor de MRI promedio cada (1 km).				
PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 50 m se tiene un nivel de desempeño según se define en (I).				
Cada 1 km se tiene un nivel de desempeño según se define en (II).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(I) MRI individual (cada 50 m) [m/km]				
[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
(II) MRI promedio (cada 1 km) [m/km]				
[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5

Figura 3.3.10: *Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.*

Fuente: Elaboración propia.

		<u>MRI puntual (50 m)</u>				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de MRI puntual				
		[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	≤ 0.5%	= 0%
	Justo	100%			≤ 0.5%	= 0%
	Malo	-			]0.5, 2.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

		<u>MRI promedio (1 km)</u>				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de MRI promedio				
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0%	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	-			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

* La calificación que ingresa al modelo de N.S. es la peor de las anteriores (entre MRI promedio e MRI puntual).

Figura 3.3.11: Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento (continuación).

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Propuesta para definir incentivos y penalizaciones utilizando el modelo de nivel de servicio

La presente sección, tiene por objetivo desarrollar una propuesta genérica, adaptable para cada proyecto en particular, que permita definir incentivos y penalizaciones, utilizando el modelo de nivel de servicio que se presenta en el capítulo 2. Para cumplir con dicho objetivo, en la sección 3.4.1 se presenta el marco conceptual utilizado en las bases de licitación chilenas, el que luego es analizado en la sección 3.4.2, identificando aspectos que son posible mejorar, y luego, a partir de dicho análisis, se presentan las propuestas para definir:

- Penalizaciones (sección 3.4.3)
- Causales de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria (sección 3.4.4)
- Incentivos (sección 3.4.5).

3.4.1. Marco conceptual utilizado en BALI actuales

3.4.1.1. Relación entre el Índice de Servicio Prestado (ISP) y el Incentivo por Desempeño Operacional (IDO)

Se considera que el nivel de servicio de la concesión es suficiente en todos aquellos casos en que el ISP de cada trimestre es superior al valor de 0.980 (98.0 %). En el caso de la BALI de AVO II (MOP, 2016b), si $ISP_{t,n} > 0.980$ el concesionario tiene derecho a un estímulo monetario denominado Incentivo al Desempeño Operacional (IDO), el que se determina de acuerdo a la ecuación 3.4.1.

$$IDO_{t,n} = 500.000 \cdot (ISP_{t,n} - 0.980) \tag{3.4.1}$$

$IDO_{t,n}$: incentivo al desempeño operacional en el trimestre t, año n, expresado en unidades de fomento.

$ISP_{t,n}$: índice de servicio prestado en el trimestre t, año n.

3.4.1.2. Relación entre el Índice de Servicio Prestado (ISP) y el Costo por Desempeño Operacional (CDO)

Se considera que el nivel de servicio de la concesión es insuficiente en todos aquellos casos en que el ISP de cada trimestre es inferior o igual al valor de 0.980 (98.0 %). En estos casos, el concesionario debe pagar al MOP un costo por el desempeño operacional insuficiente ($CDO_{t,n}$), que se determina de acuerdo a los rangos que se establecen en la tabla 3.4.1:

Tabla 3.4.1: Relación ISP-CDO (Adaptado de MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a).

Rango $ISP_{t,n}$			Rango de $CDO_{t,n}$ [UF] *(MOP 2015; MOP 2016a; MOP 2017)	Rango de $CDO_{t,n}$ [UF] *(MOP 2016b; MOP 2018)
0.960	$< ISP_{t,n} \leq$	0.980	[700, 1200]	[3000, 4500]
0.940	$< ISP_{t,n} \leq$	0.960		[4500, 6000]
0.920	$< ISP_{t,n} \leq$	0.940	[1200, 1800]	[6000, 8500]
0.900	$< ISP_{t,n} \leq$	0.920		[8500, 10000]
--	$< ISP_{t,n} \leq$	0.900	[1800, 2400]	[20000, 25000]

3.4.1.3. Definición del Saldo del Fondo al Desempeño operacional (SALDO_FDO)

Se define el Fondo al Desempeño Operacional (FDO), el cual tiene valor 0 al inicio de la etapa de explotación. En el FDO se registran trimestralmente los montos calculados para el IDO como un abono al fondo y los montos calculados para el CDO como un cargo para dicho fondo, durante el año “n” de la etapa de explotación.

Al 31 de diciembre de cada año se cierra el FDO de ese año y se obtiene el saldo correspondiente, utilizando la ecuación 3.4.2 (MOP, 2016b) y la ecuación 3.4.3 (MOP 2015, 2016a, 2017, 2018a).

$$SALDO_FDO_n = \sum_{t=1}^4 IDO_{t,n} - \sum_{t=1}^4 CDO_{t,n} \quad (3.4.2)$$

$$SALDO_FDO_n = - \sum_{t=1}^4 CDO_{t,n} \quad (3.4.3)$$

Calculado el saldo del FDO del año “n”, se procede de acuerdo a lo siguiente:

- Si el saldo del Fondo al Desempeño operacional es 0 no procede pago alguno para el concesionario ni para el MOP y se abre el Fondo de Desempeño Operacional para el año siguiente FDO_{n+1} con un saldo inicial igual a cero (MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017,2018).
- Si el saldo del Fondo al Desempeño Operacional es mayor que 0 significa que el concesionario dispone de un monto por el incentivo al desempeño operacional a su favor. En este caso el concesionario debe comunicar si requiere que ese monto le sea pagado o bien que sea asignado como un abono para el fondo de desempeño operacional del año siguiente FDO_{n+1} (MOP, 2016b).
 - Si el concesionario opta por recibir el pago, el MOP pagará este monto durante los diez primeros días del mes de marzo del año siguiente al periodo de evaluación.
 - Si el concesionario opta por abonar el saldo del fondo al desempeño operacional FDO_n al fondo del año siguiente FDO_{n+1} , este último fondo será abierto con este abono inicial. Este abono inicial tiene como tope máximo el monto de UF 120.000.
- Si el saldo del fondo al desempeño operacional es menor que cero (0) significa que el concesionario tiene un monto en su contra por el costo al desempeño operacional insuficiente. En este caso este costo es imputado al VPI (Valor Presente de los Ingresos de la sociedad concesionaria) en el mes de enero del año siguiente (MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017,2018a).

3.4.1.4. Definición de causales de incumplimiento grave de las obligaciones del concesionario

Se considera causal de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria:

- Si el saldo del fondo al desempeño operacional es menor que 0 durante 2 años consecutivos (MOP, 2016b) o durante 3 años consecutivos (MOP 2015, 2016a, 2017, 2018a).
- Si el saldo del fondo al desempeño operacional es menor que 0 en 6 oportunidades durante la etapa de explotación (MOP 2015, 2016a, 2016b, 2017, 2018a).

3.4.2. Análisis del marco conceptual utilizado en BALI actuales

3.4.2.1. CDO y causas de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria

Dentro del contexto de las definiciones que se presentan en la sección 1.1.4.3, se realiza un análisis de sensibilidad del Índice de Servicio Prestado (ISP) y el Costo por Desempeño Operacional (CDO), al modificar el nivel de cumplimiento mensual de un determinado indicador.

Considerando que la frecuencia temporal de cálculo del ISP y el CDO es trimestral, se asume que para el indicador bajo análisis:

- El mes 1 tiene un nivel de cumplimiento variable entre 1.0, 0.5 y 0.0
- El mes 2 tiene un nivel de cumplimiento igual a 1.0
- El mes 3 tiene un nivel de cumplimiento igual a 1.0

Al mismo tiempo, se asume que para los demás indicadores, el nivel de cumplimiento es igual a 1.0 durante los tres meses.

En la tabla 3.4.2, se muestran los resultados obtenidos utilizando los ponderadores y la estructura del modelo correspondiente a la Concesión mejoramiento Ruta G-21 (figura 1.1.1). A modo de ejemplo, en el caso 1, se observa que:

- Si el indicador PAV tiene un nivel de cumplimiento igual a 1.0 el $ISP=1.000$ y se le asocia un $CDO=0$ UF.
- Si el indicador PAV tiene un nivel de cumplimiento igual a 0.5 el $ISP=0.960$ y se le asocia un $CDO=6,000$ UF.
- Si el indicador PAV tiene un nivel de cumplimiento igual a 0.0 el $ISP=0.920$ y se le asocia un $CDO=10,000$ UF.

Tabla 3.4.2: *Análisis de sensibilidad del ISP y el CDO.*

CASO	INDICADOR	Indicador = 1.0		Indicador = 0.5		Indicador = 0.0	
		ISP	CDO (UF)	ISP	CDO (UF)	ISP	CDO (UF)
1	PAV (Pavimentos)	1.000	0	0.960	6,000	0.920	10,000
2	ILUE (Sistema de iluminación)	1.000	0	0.980	0	0.960	6,000
3	SEV (Señalización vertical)	1.000	0	0.992	0	0.984	0
4	DEM (Demarcaciones planas y elevadas)	1.000	0	0.994	0	0.988	0
5	CON (Sistema de contención)	1.000	0	0.996	0	0.992	0
6	SOS (Sistemas de citofonía de emergencia)	1.000	0	0.998	0	0.996	0
7	VIA (Disponibilidad de la vía)	1.000	0	0.971	4,500	0.941	6,000
8	VAR (Señalización variable)	1.000	0	0.976	4,500	0.952	6,000
9	EAO (Asistencia en ruta)	1.000	0	0.985	0	0.970	4,500
10	SU (Atención a usuarios)	1.000	0	0.985	0	0.980	0
11	SF (Gestión de cobro y facturación)	1.000	0	0.988	0	0.983	0
12	PAV + SEV	1.000	0	0.952	6,000	0.904	10,000
13	PAV + ILUE + VIA + VAR	1.000	0	0.887	25,000	0.773	25,000
14	PAV + ILUE + VIA + VAR + EAO	1.000	0	0.872	25,000	0.743	25,000

Los resultados de la tabla 3.4.2, se analizan bajo dos perspectivas:

- Periodicidad temporal de la determinación de ISP y CDO (sección 3.4.2.1.1).
- Efecto acumulativo, nivel de importancia de indicadores y diferentes niveles de desempeño (sección 3.4.2.1.2).

3.4.2.1.1. Periodicidad temporal de la determinación de ISP y CDO

Dado que, en términos de ISP, la evaluación del modelo es trimestral, en algunos casos (3, 4, 5, 6, 10, 11 de la tabla 3.4.2) se permite el incumplimiento mensual en indicadores que comprometen, por ejemplo, la seguridad de los usuarios, sin verse reflejado en términos de ISP deficiente ($ISP < 0.98$), y por lo tanto, no tiene un CDO asociado, ni representa un incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria. De la misma forma, este caso se puede repetir sistemáticamente (1 mes para cada trimestre del año), sin tener influencia en los aspectos mencionados.

En algunos casos (1, 7, 8 de la tabla 3.4.2), el incumplimiento mensual de un indicador se refleja en un ISP trimestral deficiente ($ISP < 0.980$) y en consecuencia se le asocia un CDO, pero para definir causales de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria, no existe distinción en el incumplimiento del indicador durante 1, 2 o 3 meses en un trimestre dado, ni en la cantidad total de meses del año en el que el indicador está en incumplimiento. De acuerdo a las BALI actuales (sección 1.1.4.3), se considera causal de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria, si durante la etapa de explotación:

- $SALDO_FDO_n < 0$ durante 2 o 3 (según BALI) años consecutivos
- $SALDO_FDO_n < 0$ en 6 oportunidades durante la etapa de explotación.

Por lo tanto, esto permite el incumplimiento en:

- Mínimo 2 o 3 meses y máximo 24 o 36 meses.
- Mínimo 6 meses o máximo 72 meses.

3.4.2.1.2. Efecto acumulativo, nivel de importancia de indicadores y diferentes niveles de desempeño

De la tabla 3.4.2, se puede analizar lo siguiente:

- Al comparar el caso 1 con el caso 12 (superposición de casos 1 y 3), se observa que, para el mismo nivel de cumplimiento de los indicadores, el efecto sobre el CDO es el mismo. Por lo tanto, la definición de CDO no es acumulativa ante el incumplimiento de indicadores.
- Al comparar los casos 13 y 14 se observa que, independiente del nivel de cumplimiento de los indicadores (0.5 o 0.0), el CDO es el mismo. De forma análoga, la incorporación del indicador EAO no tiene influencia en el CDO. Por lo tanto, la definición de CDO no es acumulativa ante el incumplimiento de indicadores y no captura diferencias en el desempeño de los mismos (0.5 o 0.0)
- Al comparar los casos 7 y 8 (disponibilidad de la vía y señalización variable), se observa que, para el mismo nivel de cumplimiento de los indicadores, el efecto sobre el CDO es el mismo. Sin embargo de acuerdo a los ponderadores definidos en la tabla 1.1.1, la importancia de disponibilidad de la vía es mayor que la de señalización variable. Por lo tanto, la definición de CDO no está directamente relacionada con el nivel de importancia del indicador.

3.4.2.2. IDO

De acuerdo a lo que se presenta en la sección 1.1.4.3, la BALI de la Concesión Américo Vespucio Oriente II (MOP, 2016b) es la única que contempla la incorporación de Incentivo al Desempeño Operacional (IDO), según las ecuaciones 3.4.4 y 3.4.2 definidas en 3.4.1.1 :

$$IDO_{t,n} = 500,000 \cdot (ISP_{t,n} - 0.980) \quad (3.4.4)$$

$$SALDO_FDO_n = \sum_{t=1}^4 IDO_{t,n} - \sum_{t=1}^4 CDO_{t,n} \quad (3.4.5)$$

Estas ecuaciones, se analizan bajo dos perspectivas:

- Efecto compensatorio (sección 3.4.2.2.1).
- Relación IDO-ITC (sección 3.4.2.2.2).

3.4.2.2.1. Efecto compensatorio de niveles de desempeño inadecuados

De acuerdo a la ecuación 3.4.5, en determinados trimestres de un año, se permite la exposición de los usuarios ante niveles de servicio inadecuados ($CDO > 0$), sin reflejarse en un incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria, si es que en los restantes trimestres se tienen niveles de servicio elevados ($IDO > 0$) que lo compensen ($SALDO_FDO_n > 0$). Por ejemplo, se permite el desempeño inadecuado (nivel de cumplimiento=0) en todos los indicadores del modelo durante 3 meses ($ISP < 0.90$) con un $CDO = 25,000$ UF, sin reflejarse en causales de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria, si es que en los 3 trimestres restantes se tiene un $ISP = 1$ con un IDO total igual a 30,000 UF, resultando en un $SALDO_FDO = 5,000$ UF.

Adicionalmente, dado que si se tiene $SALDO_FDO_n > 0$, este puede ser abonado al año siguiente, se permite la compensación de niveles de desempeño inadecuados entre distintos años.

3.4.2.2.2. Relación IDO - ITC

De acuerdo a la ecuación 3.4.4, para un $ISP=1.0$, el IDO trimestral máximo=10,000 UF. Además la BALI de la Concesión Américo Vespucio Oriente II (MOP, 2016b), establece que:

- El monto (en UF) por concepto de Ingresos Totales de la Concesión (ITC) que postula el licitante en su oferta económica debe ser $0 < ITC \leq 42,870,000$.
- El plazo total de la concesión es 45 años o cuando se cumpla $VPI \geq ITC$.

Por lo tanto, de acuerdo a la duración total de la concesión, la relación entre el máximo IDO que se puede obtener ($ISP=1.0$ durante toda la etapa de explotación) y los Ingresos Totales de la Concesión (se asume el máximo) se presenta en la tabla 3.4.3:

Tabla 3.4.3: *Relación entre IDO máximo alcanzable respecto del ITC (elaborado a partir de MOP 2016b).*

Duración (años)	(IDO / ITC)*100 %
30	2.8
31	2.9
32	3.0
33	3.1
34	3.2
35	3.3
36	3.4
37	3.5
38	3.5
39	3.6
40	3.7
41	3.8
42	3.9
43	4.0
44	4.1
45	4.2

En definitiva, la relación IDO/ITC es variable de acuerdo a la duración total de la concesión, y además, existirán diferencias asociadas al valor del dinero, de acuerdo a cuando se ejecuten efectivamente los pagos (durante la etapa explotación o al final de esta).

3.4.3. Propuesta para determinar el CDO

Como se discute en la sección 3.4.2.1.1, la evaluación trimestral a través del ISP, permite ocultar desempeños inadecuados en determinados indicadores durante uno o más meses. Por lo tanto, la definición mensual del nivel de servicio de la concesión (NSC) no se debe vincular con el concepto de ISP, sino que debe mantenerse dicha evaluación mensual. Además, de acuerdo a lo que discute en 3.4.2.1.2, el CDO debe ser acumulativo ante el incumplimiento de cada uno de los indicadores, considerando además:

- El nivel de importancia del indicador técnico (1,2,3).
- La calificación categórica del indicador técnico (muy bueno, bueno, justo, malo, muy malo).
- La importancia relativa del valor en juego involucrado (comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad).

En este contexto, se define el factor de categoría $(FC)_i$, que depende del nivel de importancia y la calificación categórica del indicador técnico según se presenta en la tabla 3.4.4. Por ejemplo, a un indicador técnico de importancia “1” con una calificación categórica “Malo” se le asocia un factor de categoría igual a 50 %.

Tabla 3.4.4: Factor de categoría del indicador técnico $(FC)_i$ en función de su nivel de importancia y su respectiva calificación categórica.

Nivel de importancia del indicador técnico	Calificación categórica del indicador técnico				
	Muy Bueno	Bueno	Justo	Malo	Muy Malo
1	0%	0%	0%	50%	100%
2	0%	0%	0%	33%	66%
3	0%	0%	0%	25%	50%

Para considerar la importancia relativa del valor en juego involucrado, se utiliza el ponderador respectivo según se presenta en la tabla 3.4.5.

Tabla 3.4.5: Ponderadores de importancia $(\delta)_i$ de los valores en juego.

Comodidad	Seguridad	Movilidad y accesibilidad	Otros
25%	40%	30%	5%

Con el objetivo de estandarizar los costos asociados para mantener un determinado nivel de servicio, se incorpora el concepto ITC_m , que corresponde a una estimación de los ingresos totales de la concesión en un determinado mes.

Finalmente, el CDO se determina según la ecuación 3.4.6.

$$CDO_m = \sum_{i=1}^n (FC)_i \cdot (\delta)_i \cdot (ITC_{mensual} \cdot \Omega) \quad (3.4.6)$$

CDO_m : costo por desempeño operacional en el mes “m”.

i : contador de indicadores técnicos.

n : número total de indicadores técnicos considerados en el modelo de nivel de servicio.

$(FC)_i$: factor de categoría para cada indicador técnico “i” según la tabla 3.4.4.

$(\delta)_i$: ponderador del valor en juego vinculado al indicador técnico “i” según la tabla 3.4.5.

ITC_m : estimación de los ingresos totales de la concesión en el mes “m”.

Ω : factor de ajuste cada proyecto en particular ($0 < \Omega \leq 1$).

A modo de ejemplo, si en el mes de enero (mes=1) el indicador técnico IRI (nivel de importancia 1) asociado al valor en juego comodidad (ponderador de importancia 25 %) tiene una calificación “malo” y además, el indicador técnico índice de condición del sistema de citofonía de emergencia (nivel de importancia 3) asociado al valor en juego seguridad (ponderador de importancia 40 %) tiene una calificación “malo”, el costo por desempeño operacional es el siguiente (asumiendo $\Omega = 1$):

$$CDO_1 = 50 \% \cdot 25 \% \cdot ITC_1 + 25 \% \cdot 40 \% \cdot ITC_1 = 22.5 \% \cdot ITC_1$$

3.4.4. Propuesta para definir causales de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria

Como se discute en la sección 3.4.2.1.1, la regulación actual para definir CIG (causales de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria), no distingue el incumplimiento de ciertos indicadores en 1, 2 o 3 meses en un trimestre dado, ni en la cantidad total de meses del año en el que el indicador está en incumplimiento. Por lo tanto, se permite un amplio rango de condiciones (desde 2 hasta 72 meses) para incurrir en CIG.

De forma paralela, como se discute en la sección 3.4.2.2.1, en algunos casos (MOP, 2016b), se permite la compensación de niveles de desempeño inadecuados sin reflejarse en términos de CIG.

En este contexto, se propone una cantidad fija de meses, en los que se aceptan niveles de desempeño inadecuados en el modelo global de nivel de servicio. Para tal efecto, se define:

X_1 : número de meses en los cuales NSC_j “Malo” ($0.25 \leq NSC_j < 0.50$).

X_2 : número de meses en los cuales NSC_j “Muy Malo” ($NSC_j < 0.25$).

ρ : número real a definir para cada proyecto en particular ($\rho > 1$).

θ : número entero a definir para cada proyecto en particular.

Por lo tanto, se considera causal de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria, si durante la etapa de explotación se cumple que:

$$X_1 + \rho \cdot X_2 \geq 12 \pm \theta \quad (3.4.7)$$

Por ejemplo, si se establece que para una carretera concesionada en particular, el peso relativo de un mes con nivel de servicio “muy malo” es el doble que el de un mes con nivel de servicio “malo”, entonces se tiene $\rho = 2$. Si además se define que $\theta = 0$, la causal de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria será:

$$X_1 + 2 \cdot X_2 \geq 12$$

Es decir, se incurre en una CIG si durante la etapa de explotación se dan, por ejemplo, alguno de los siguientes casos:

- 12 meses con NSC “Malo”.
- 6 Meses con NSC “Muy Malo”.
- 6 meses con NSC “Malo” y 3 meses con NSC “Muy malo”.

3.4.5. Propuesta para determinar el IDO

De acuerdo a lo que se discute en la sección 3.4.2.2, en las BALI actuales no es frecuente la definición de incentivos al desempeño operacional, sin embargo el modelo propuesto en el capítulo 3, permite valorizar desempeños superiores a los mínimos exigidos. En este contexto, se define el parámetro η (entre 0 y 1) según la ecuación 3.4.8, el cual captura los distintos niveles de desempeño a lo largo de toda la etapa de explotación.

$$\eta = \frac{0 \cdot \phi_J + 0.5 \cdot \phi_B + 1 \cdot \phi_{MB}}{100} \quad (3.4.8)$$

Donde:

- ϕ_J : porcentaje de meses en los cuales NSC_j “Justo” ($0.50 \leq NSC_j < 0.65$).
- ϕ_B : porcentaje de meses en los cuales NSC_j “Bueno” ($0.65 \leq NSC_j < 0.80$).
- ϕ_{MB} : porcentaje de meses en los cuales NSC_j “Muy Bueno” ($NSC_j \geq 0.80$).

Considerando el parámetro η (ecuación 3.4.8), se propone el IDO de acuerdo a la ecuación 3.4.9:

$$IDO = (\mu \cdot ITC) \cdot \eta \quad (3.4.9)$$

Donde:

IDO : Incentivo al Desempeño Operacional determinado al final del periodo de concesión.

μ : número real a determinar para cada proyecto en particular ($0 < \mu < 1$).

ITC : valor máximo de los Ingresos Totales de la Concesión de acuerdo a la BALI.

η : parámetro que captura los distintos niveles de desempeño ($0 \leq \eta \leq 1$).

Por ejemplo, si para un proyecto en particular se define $\mu = 5\%$, de acuerdo a la distribución de niveles de desempeño durante la etapa de explotación (η), se tendrán distintos IDO como se presenta en la tabla 3.4.6:

Tabla 3.4.6: *IDO según la distribución de niveles de desempeño durante la etapa de explotación.*

Φ_J	Φ_B	Φ_{MB}	η	IDO (% $ITC_{m\acute{a}x}$)
0	0	100	1.00	5.0
0	10	90	0.95	4.8
0	20	80	0.90	4.5
0	30	70	0.85	4.3
0	40	60	0.80	4.0
0	50	50	0.75	3.8
0	60	40	0.70	3.5
0	70	30	0.65	3.3
0	80	20	0.60	3.0
0	90	10	0.55	2.8
0	100	0	0.50	2.5

3.5. Aplicación del modelo a 3 carreteras interurbanas en etapa de explotación

El presente capítulo, tiene por objetivo aplicar a casos reales, la metodología de cálculo de nivel de servicio que se presenta en la sección 2.5. Por lo tanto, en la sección 3.5.1 se desarrolla el primer paso de dicha metodología, que consiste en obtener las calificaciones categóricas de los indicadores técnicos considerados en el modelo, para esto se utilizan datos históricos de 3 carreteras interurbanas concesionadas en etapa de explotación (zona norte, zona centro y zona sur). Dado que para dichas carreteras interurbanas, no se cuenta con información para la totalidad de indicadores técnicos considerados en el modelo, de forma paralela se evalúan algunos de estos a partir de la información histórica de 3 autopistas urbanas concesionadas. Por otro lado, los ponderadores importancia utilizados, son los obtenidos en la sección 3.2. Finalmente, en la sección 3.5.2 se obtienen las evaluaciones globales de nivel de servicio para las 3 carreteras interurbanas concesionadas.

3.5.1. Determinación de calificaciones categóricas de indicadores técnicos

El primer paso de la metodología de evaluación de nivel de servicio (capítulo 3), consiste en obtener las calificaciones categóricas de los indicadores técnicos incorporados dentro del modelo. Respecto de la información disponible para obtener dichas calificaciones, se distinguen 2 casos:

- Existe información, pero debe ser adaptada al formato de evaluación del indicador, de acuerdo a la ficha técnica respectiva.
- No existe información, ya sea porque es un nuevo indicador para el cual no existe una base de datos histórica, o bien, porque no se pudo acceder a dicha información.

La información existente, ha sido proporcionada por la Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP), y corresponde a tres carreteras interurbanas concesionadas (zona norte, zona centro, zona sur) y tres autopistas urbanas concesionadas, las cuales se describen brevemente a continuación:

*** Concesión interurbana zona norte**

Autopista de doble calzada con 229 km de extensión y diseñada para una velocidad de 120 km/h. Dentro de las obras relevantes se encuentra el emplazamiento de 13 puentes en calzada simple, la conservación de otros 11 existentes, la construcción de 13 km de calles de servicio, 18 intersecciones a desnivel o enlaces, 11 pasarelas peatonales, 13 atraviesos, 840 alcantarillas, 91 paraderos de buses, pasos de ganado y maquinaria agrícola. Además cuenta con áreas de estacionamientos, cafeterías y servicios higiénicos, dos áreas de control policial y dos áreas de estacionamientos para camiones.

El flujo vehicular durante octubre de 2018 fue de 466,410 vehículos, de este flujo el 61.5 % corresponde a vehículos livianos y el 38.5 % restante a vehículos pesados.

- Fecha de inicio de concesión: diciembre de 1997.
- Fecha de fin de concesión: diciembre de 2022.

*** Concesión interurbana zona centro**

Este proyecto comprende un total de 141.3 km. Consta de 4 túneles, 16 puentes con 547 m totales aproximados, 22 enlaces y 14 atraviesos; 40.2 km de calles de servicios urbanas, 19.6 km de calles de servicio rural y 15 pasarelas peatonales, entre otros.

El flujo vehicular durante el mes de octubre de 2018 alcanzó un total de 3,665,317 vehículos, de este flujo alrededor del 87 % corresponde a vehículos livianos, y el 13 % restante a vehículos pesados.

- Fecha de inicio de concesión: agosto de 1999.
- Fecha de fin de concesión: agosto de 2024.

*** Concesión interurbana zona sur**

Autopista de doble calzada que se extiende por 75 km. Esta concesión incluye un ramal colector en calzada simple, con estándar de carretera primaria, de 14 km. También presenta cinco enlaces, un puente, dos pasos sobre la línea férrea y 73 pasos desnivelados.

El flujo vehicular mensual de octubre de 2018 fue de 410,445 vehículos, de este flujo el 71 % corresponde a vehículos livianos, y el 29 % restante a vehículos pesados.

- Fecha de inicio de concesión: abril de 1995.
- Fecha de fin de concesión: abril de 2023.

*** Concesión urbana 1**

Autopista con calzadas expresas con tres pistas por sentido, con una extensión de 29 km. Cuenta con calles locales, 24 estructuras de desnivel, 25 pasarelas peatonales, obras de semaforización, entre otras. Es una autopista que utiliza el sistema electrónico de cobro de tarifas free-flow, con un total de 17 pórticos. Se encuentra inserta en un sector altamente poblado y con importantes núcleos industriales. Durante noviembre 2018 se registró un total de 25,666,823 transacciones vehiculares, bajo el total de puntos de cobros.

- Fecha de inicio de concesión: abril de 2003
- Fecha de fin de concesión: abril de 2033

*** Concesión urbana 2**

Autopista urbana de calzadas expresas, de tres pistas por sentido en su primer eje y dos pistas en el segundo. El primer eje tiene una extensión de 39.5 km. El otro corresponde a una vía de 21 km. Cuenta con calles de servicio, 3 puentes, 43 estructuras desniveladas en el primer eje y 48 en el segundo eje y un total de 21 pasarelas peatonales, cuenta además, con sistema de telepeaje. El flujo vehicular corresponde a las pasadas que realizan los vehículos bajo cada uno de los 31 puntos de cobro emplazados en la autopista. Durante noviembre de 2018 se registraron 46,595,611 transacciones.

- Fecha de inicio de concesión: julio de 2001
- Fecha de fin de concesión: julio de 2032

*** Concesión urbana 3**

Corresponde a dos túneles paralelos con una extensión de 4.1 km. La vía está compuesta por 1.9 km subterráneo y 2.2 km de vialidad de superficie. La autopista cuenta con calles de servicios, cierros perimetrales y con sistema de telepeaje. El flujo vehicular corresponde a las pasadas que realizan los vehículos bajo el pórtico que se encuentran en cada túnel, durante noviembre de 2018 se registraron 1,897,857 transacciones vehiculares.

- Fecha de inicio de concesión: febrero de 2005
- Fecha de fin de concesión: agosto de 2037

El modelo de nivel de servicio, considera un total de 43 indicadores técnicos, que se distribuyen según su vinculación con los valores en juego, de la siguiente forma:

- 7 indicadores técnicos asociados a “comodidad”.
- 21 indicadores técnicos asociados a “seguridad”.
- 2 indicadores técnicos asociados a “movilidad y accesibilidad”.
- 13 indicadores técnicos asociados a “otros”.

En la sección 3.5.1.1, se ejemplifica la metodología para obtener la calificación categórica de un indicador técnico, en particular el que permite evaluar la regularidad transversal en pavimentos flexibles y que está vinculado al valor en juego “seguridad”. Los demás indicadores técnicos evaluados, se presentan en el apéndice B.

3.5.1.1. Regularidad transversal en pavimento flexible

En la figura 3.5.1, se presenta la ficha técnica que permite evaluar la regularidad transversal en pavimentos flexibles.

IDENTIFICACIÓN	NOMBRE	
PL-CA-FT2	Regularidad transversal en pavimento flexible	
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.		
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.		

Figura 3.5.1: *Ficha técnica para evaluar la regularidad transversal del pavimento*

Fuente: Elaboración propia

El protocolo de calificación para evaluar cada sección (50 m - pista) se presenta en la figura 3.5.2 :

(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

Figura 3.5.2: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia

El protocolo de calificación global del indicador técnico se presenta en la figura 3.5.3 :

(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%				

Figura 3.5.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Respecto de los datos para evaluar la regularidad transversal en pavimentos flexibles, en cada una de las tres carreteras interurbanas concesionadas, es importante mencionar que de acuerdo a las bases de licitación de dichas carreteras:

- El procedimiento de medición se realizó conforme al instructivo “Inspección Visual de Caminos Pavimentados” (MOP, 2010), según el cual se materializa la superficie teórica del pavimento (sin deformación) con un elemento rígido horizontal y se mide el descenso en milímetros.
- Se efectúa, al menos, una medición cada 200 m por pista y en ambas huellas. El mayor valor entre ambas huellas para una determinada medición, corresponde al valor de ahuellamiento en el tramo de 200 m.

Por lo tanto, con el propósito de obtener la calificación categórica del indicador técnico según la ficha respectiva (figuras 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3), se asume que:

- Dado que no dispone de la medición continua para determinar el valor de RD según la figura 3.5.3, se utiliza directamente el valor de ahuellamiento reportado.
- La medición reportada cada 200 m, se considera homogénea en las 4 secciones de 50 m equivalentes.

Además, para obtener la calificación categórica del indicador técnico, se distinguen dos casos:

- **Caso 1:** se considera el umbral máximo permitido por la base de licitación de cada contrato, y a partir de este se genera un protocolo de calificación ficticio. El objetivo es visualizar el nivel de cumplimiento de los estándares exigidos en el respectivo contrato y la distribución de secciones en cada categoría de calificación.
- **Caso 2:** se considera el protocolo de calificación del indicador técnico, de acuerdo a la ficha técnica respectiva (figuras 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3).

3.5.1.1.1. Concesión zona norte

3.5.1.1.1.1. Caso 1

Considerando que el ahuellamiento máximo permitido, según la base de licitación correspondiente, es de 15 mm, se genera un protocolo de calificación en el cual 15 mm es el límite superior de la calificación “justo” y se construyen intervalos de igual amplitud para definir secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” como se presenta en la figura 3.5.4.

(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 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 20.0

Figura 3.5.4: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla 3.5.1, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 94.60 % de las secciones de la concesión norte tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 5.0 mm en el año 2013.

Tabla 3.5.1: *Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.*

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0 , 5.0[	94.60	88.83	87.57	71.94	84.09
[5.0 , 10.0[	5.40	9.81	12.43	24.29	15.55
[10.0 , 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00
> 20.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla 3.5.1, y con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 10 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 10 y 15 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 15 mm).

Como se muestra en la figura 3.5.5, la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” y a excepción del año 2016 no existen secciones con calificaciones “malo” y “muy malo”.

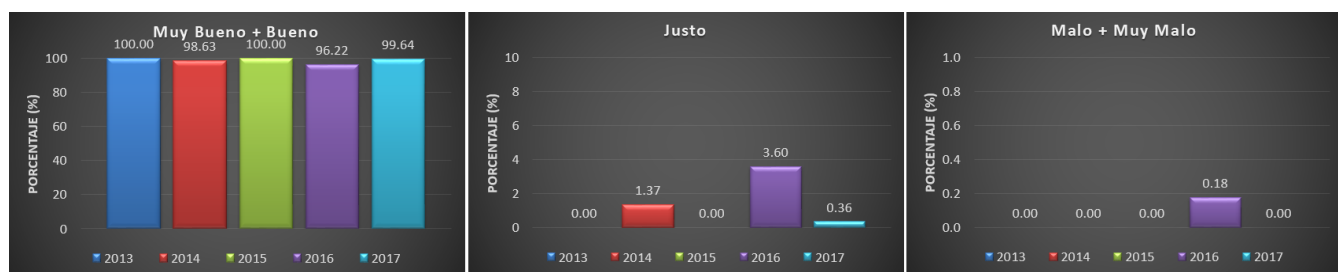


Figura 3.5.5: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global de la carretera (tabla 3.5.2), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla 3.5.3.

Tabla 3.5.2: *Protocolo de calificación global del indicador.*

		Rangos de Rut Depth en mm.				
		[0.0 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 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%				

Tabla 3.5.3: *Calificación global del indicador ahuellamiento.*

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0 , 5.0[	94.60	88.83	87.57	71.94	84.09
[5.0 , 10.0[	5.40	9.81	12.43	24.29	15.55
[10.0 , 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00
> 20.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

Se observa que para todos los años, en los cuales se dispone de información, la calificación global del indicador técnico es “Bueno” o “Muy Bueno”, lo que da cuenta del cumplimiento de las exigencias establecidas en la respectiva base de licitación del contrato (a excepción de un porcentaje muy bajo de secciones en el año 2016).

3.5.1.1.1.2. Caso 2

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) se presenta en la figura 3.5.6. Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla 3.5.4, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 80.51 % de las secciones de la concesión norte tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 4.0 mm en el año 2013.

(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

Figura 3.5.6: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5.4: Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0, 4.0[	80.51	80.93	71.56	61.20	69.66
[4.0, 7.0[	19.13	14.64	27.21	25.93	26.48
[7.0, 10.0]	0.35	3.06	1.23	9.10	3.50
]10.0, 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla 3.5.4, y con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura 3.5.7), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 7 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 7 y 10 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 10 mm).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

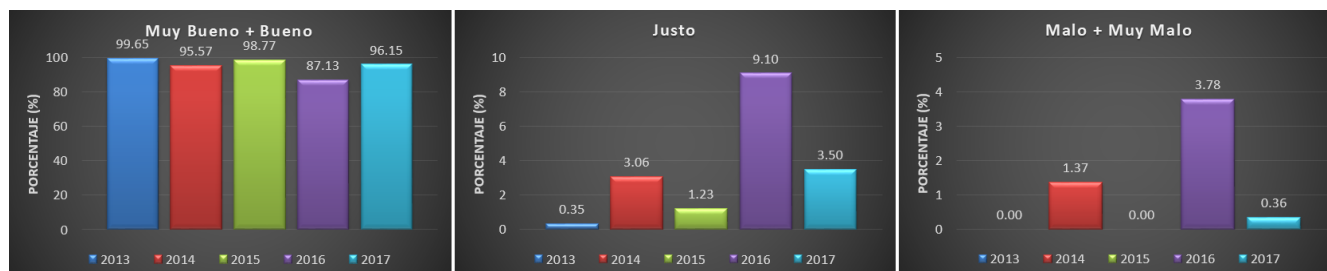


Figura 3.5.7: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla 3.5.8), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla 3.5.5.

(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%				

Figura 3.5.8: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5.5: Calificación global del indicador ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0 , 4.0[	80.51	80.93	71.56	61.20	69.66
[4.0 , 7.0[	19.13	14.64	27.21	25.93	26.48
[7.0 , 10.0]	0.35	3.06	1.23	9.10	3.50
]10.0 , 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	MALO	BUENO	MUY MALO	BUENO

3.5.1.1.2. Concesión zona centro

3.5.1.1.2.1. Caso 1

Considerando que el ahuellamiento máximo permitido, según la base de licitación correspondiente, es de 15 mm, se genera un protocolo de calificación en el cual 15 mm es el límite superior de la calificación “justo” y se construyen intervalos de igual amplitud para definir secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” como se presenta en la figura 3.5.9.

(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 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 20.0

Figura 3.5.9: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla 3.5.6, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 90.11 % de las secciones de la concesión centro tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 5.0 mm en el año 2013.

Tabla 3.5.6: Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0 , 5.0[	90.11	75.11
[5.0 , 10.0[	9.83	24.32
[10.0 , 15.0]	0.06	0.58
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00
> 20.0	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla 3.5.6 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 10 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 10 y 15 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 15 mm).

Como se muestra en la figura 3.5.10, la gran mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” y no existen secciones con calificaciones “malo” y “muy malo”.

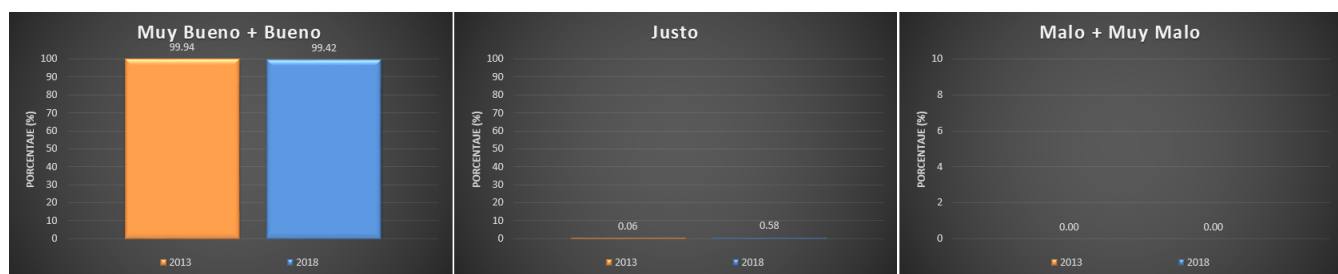


Figura 3.5.10: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global de la carretera (tabla 3.5.7), las calificaciones obtenidas para los años 2013 y 2018 se muestran en la tabla 3.5.8.

Tabla 3.5.7: *Protocolo de calificación global del indicador.*

		Rangos de Rut Depth en mm.				
		[0.0 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 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%				

Tabla 3.5.8: *Calificación global del indicador ahuellamiento.*

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0 , 5.0[	90.11	75.11
[5.0 , 10.0[	9.83	24.32
[10.0 , 15.0]	0.06	0.58
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00
> 20.0	0.00	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	MUY BUENO

Se observa que la calificación global del indicador es “Muy Bueno”, lo que da cuenta del cumplimiento de la exigencias establecidas en la respectiva base de licitación del contrato.

3.5.1.1.2.2. Caso 2

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) se presenta en la figura 3.5.11. Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla 3.5.9, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 72.11 % de las secciones de la concesión centro tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 4.0 mm en el año 2013.

(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

Figura 3.5.11: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5.9: Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0, 4.0[	72.11	58.13
[4.0, 7.0[	27.35	34.60
[7.0, 10.0]	0.47	6.69
]10.0, 15.0]	0.06	0.58
> 15.0	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla 3.5.9 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura 3.5.12), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 7 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 7 y 10 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 10 mm).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

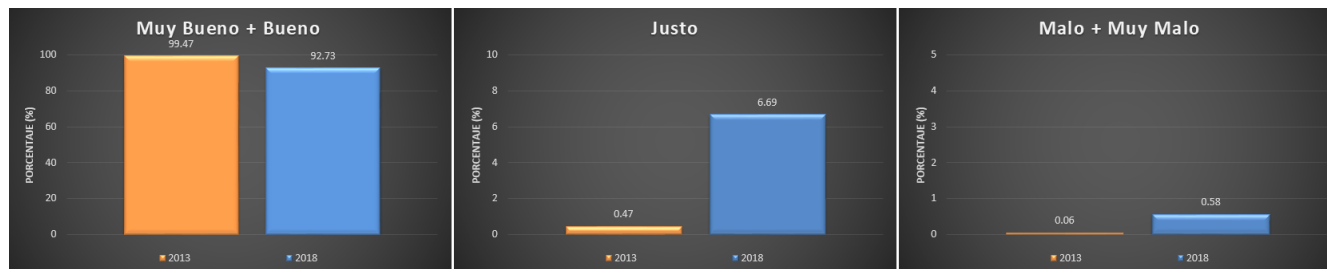


Figura 3.5.12: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla 3.5.13), las calificaciones obtenidas para los años 2013 y 2018 se muestran en la tabla 3.5.10.

(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%				

Figura 3.5.13: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5.10: Calificación global del indicador ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0 , 4.0[	72.11	58.13
[4.0 , 7.0[	27.35	34.60
[7.0 , 10.0]	0.47	6.69
]10.0 , 15.0]	0.06	0.58
> 15.0	0.00	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	MALO

3.5.1.1.3. Concesión zona sur

3.5.1.1.3.1. Caso 1 - Caso 2

Considerando que el ahuellamiento máximo permitido, según la base de licitación correspondiente, es de 10 mm, resulta coincidente con el límite definido para la calificación “justo” en la propuesta del indicador técnico, por lo que la evaluación se realiza directamente considerando dicho protocolo.

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) se presenta en la figura 3.5.14 . Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla 3.5.11 , en la cual se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 84.51 % de las secciones de la concesión sur tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 4.0 mm en el año 2013.

(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

Figura 3.5.14: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5.11: Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año			
	2013	2015	2016	2017
[0.0 , 4.0[	84.51	79.19	73.40	74.00
[4.0 , 7.0[	15.16	18.41	23.07	22.60
[7.0 , 10.0]	0.34	2.40	3.53	3.13
]10.0 , 15.0]	0.00	0.00	0.00	0.27
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla 3.5.11 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura 3.5.15), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 7 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 7 y 10 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 10 mm).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

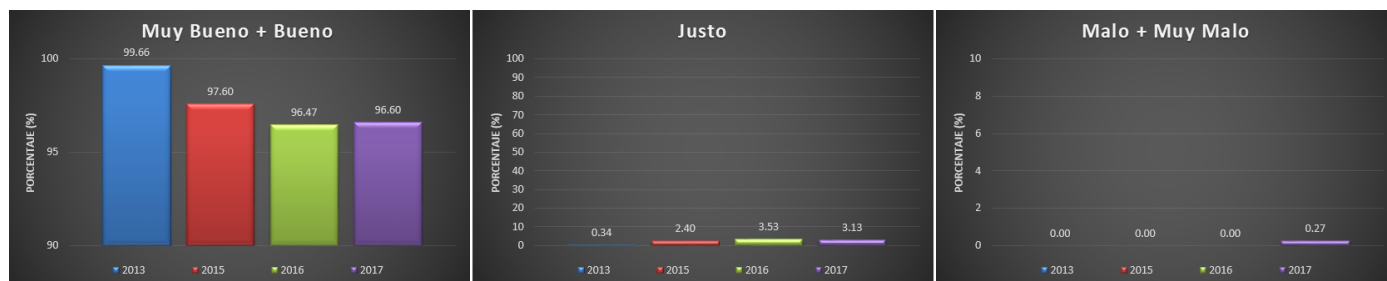


Figura 3.5.15: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla 3.5.16), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla 3.5.12.

(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%				

Figura 3.5.16: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5.12: Calificación global del indicador ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año			
	2013	2015	2016	2017
[0.0 , 4.0[	84.51	79.19	73.40	74.00
[4.0 , 7.0[	15.16	18.41	23.07	22.60
[7.0 , 10.0]	0.34	2.40	3.53	3.13
]10.0 , 15.0]	0.00	0.00	0.00	0.27
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

3.5.2. Determinación de calificaciones numéricas globales de nivel de servicio

La presente sección, tiene como objetivo obtener las calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de las concesiones “norte”, “centro” y “sur”. Con dicho objetivo, en la sección 3.5.2.1, a partir de la información existente, se seleccionan los años a evaluar para cada concesión. Luego en la sección 3.5.2.2, a partir de los indicadores técnicos evaluados en la sección 3.5.1 y apéndice B, se sigue la metodología de cálculo que se presenta en el capítulo 3, determinando las calificaciones numéricas globales de nivel de servicio.

3.5.2.1. Selección de años a evaluar para cada concesión

La calificación categórica de cada uno de los indicadores técnicos es el dato de entrada fundamental para el modelo de nivel de servicio. En este contexto, se presentan las tablas 3.5.13, 3.5.14 y 3.5.15, en las cuales se indican, para cada concesión (norte, centro, sur) e indicador técnico evaluado en la sección 3.5.1, los años en los cuales existe información. De dichas tablas, se observa que la cantidad de información para los distintos años es variable, y considerando que el objetivo es obtener calificaciones globales de nivel de servicio para un conjunto de meses y años de operación de la concesión, se seleccionan aquellos años en los cuales la cantidad de información es equivalente para una misma concesión, es decir:

- Concesión norte se seleccionan los años 2014, 2015 y 2016. En este caso, para la obtención de la calificación global no se considera la información relativa a uniformidad longitudinal y luminancia media-uniformidad global de la iluminación exterior en los años 2015 y 2016, con el objetivo de tener la misma cantidad de información en los años seleccionados.
- Concesión centro se seleccionan los años 2014, 2015 y 2016.
- Concesión sur se seleccionan los años 2015, 2016 y 2017.

Tabla 3.5.13: *Resumen de la información existente en la concesión norte.*

INDICADOR TÉCNICO	AÑO								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IRI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI		
Uniformidad Longitudinal iluminación (exterior)						SI	SI	SI	SI
Ahuellamiento				SI	SI	SI	SI	SI	
SFC equivalente				SI	SI	SI	SI	SI	
Luminancia media -Uniformidad global (exterior)						SI	SI	SI	SI
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)				SI	SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Demarcaciones planas					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Dermacaciones elevadas					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Barreras de contención				SI	SI	SI	SI	SI	
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Cercos y portones				SI	SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Señalización Vertical informativa				SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 3.5.14: *Resumen de la información existente en la concesión centro.*

INDICADOR TÉCNICO	Año								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IRI	SI			SI					SI
Uniformidad Longitudinal iluminación (exterior)					SI	SI	SI		
Ahuellamiento				SI					SI
SFC equivalente				SI					SI
Luminancia media -Uniformidad global (exterior)					SI	SI	SI		
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Demarcaciones planas					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Dermacaciones elevadas					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Barreras de contención					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia				SI	SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Cercos y portones				SI	SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Señalización Vertical informativa					SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 3.5.15: *Resumen de la información existente en la concesión sur.*

INDICADOR TÉCNICO	AÑO								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
IRI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
Uniformidad Longitudinal iluminación (exterior)									
Ahuellamiento				SI		SI	SI	SI	
SFC equivalente	SI	SI	SI	SI		SI	SI	SI	
Luminancia media -Uniformidad global (exterior)									
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Demarcaciones planas						SI	SI	SI	SI
Índice de condición Dermacaciones elevadas						SI	SI	SI	SI
Índice de condición Barreras de contención					SI	SI	SI	SI	SI
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia						SI	SI	SI	
Índice de condición Cercos y portones						SI	SI	SI	SI
Índice de condición Señalización Vertical informativa					SI	SI	SI	SI	SI

3.5.2.2. Calificación numérica global mensual de nivel de servicio

Con el objetivo de ejemplificar la metodología general para obtener la calificación global de nivel de servicio, en particular se presenta el análisis para la concesión sur. En este contexto, se presentan las tablas 3.5.16, 3.5.17 y 3.5.18, en las cuales se resume la calificación categórica mensual de cada uno de los indicadores técnicos durante los años 2015, 2016 y 2017 en la concesión sur.

Tabla 3.5.16: *Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2015).*

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
SFC equivalente	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones planas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones elevadas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO
Índice de condición Barreras de contención	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MALO	JUSTO	MALO	JUSTO	MALO
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Cercos y portones	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Señalización Vertical Informativa	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

Tabla 3.5.17: *Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2016).*

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
SFC equivalente	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones planas	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones elevadas	MALO	JUSTO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Barreras de contención	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MALO
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Cercos y portones	JUSTO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Señalización Vertical Informativa	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

Tabla 3.5.18: *Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2017).*

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
SFC equivalente	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones planas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones elevadas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Barreras de contención	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	BUENO	MUY MALO	MUY BUENO
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Cercos y portones	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Señalización Vertical Informativa	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO

Para ilustrar la obtención de la calificación global mensual de nivel de servicio en la concesión sur, se selecciona un mes y año en particular (mayo de 2016), en el que se tienen las calificaciones categóricas de los indicadores técnicos presentados en la tabla 3.5.19. Además, a cada indicador técnico se le asocia una nomenclatura (I_1, \dots, I_{10}) y se presenta su nivel de importancia (1, 2, 3).

Tabla 3.5.19: *Calificación categórica de los indicadores técnicos (mayo 2016, concesión sur).*

Nomenclatura	Indicador técnico	Calificación categórica	Nivel de importancia
I_1	IRI	BUENO	1
I_2	Ahuellamiento	JUSTO	2
I_3	SFC equivalente	BUENO	1
I_4	Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)	MUY BUENO	1
I_5	Índice de condición Demarcaciones planas	MUY BUENO	2
I_6	Índice de condición Demarcaciones elevadas	MUY BUENO	2
I_7	Índice de condición Barreras de contención	MUY MALO	1
I_8	Índice de condición Sistema citofonía de emergencia	MUY BUENO	3
I_9	Índice de condición Cercos y portones	MALO	3
I_{10}	Índice de condición Señalización Vertical informativa	BUENO	2

3.5.2.2.1. Efecto individual y superposición de indicadores técnicos

Considerando las calificaciones categóricas presentadas en la tabla 3.5.19, se analiza el efecto en la calificación global mensual de nivel de servicio considerando dos casos:

- Efecto individual de la calificación categórica de cada indicador técnico (I_1, \dots, I_{10})
- Efecto de superposición de indicadores técnicos, por ejemplo $I_1 + I_2$.

Los demás indicadores técnicos se consideran constantes bajo tres escenarios distintos (E1, E2, E3):

- E1: indicadores técnicos con calificación categórica “justo” (0.50).
- E2: indicadores técnicos con calificación categórica “bueno” (0.75).
- E3: indicadores técnicos con calificación categórica “muy bueno” (1.00).

En este contexto, se presenta la tabla 3.5.20 en la que se resume la calificación global de nivel de servicio para mayo de 2016, en la concesión sur y bajo un escenario específico (E1, E2, E3), considerando el efecto individual de cada uno de los indicadores (I_1, \dots, I_{10}) y la superposición de un conjunto de indicadores (por ejemplo $I_1 + I_2$).

A modo de ejemplo, dado que según la tabla 3.5.19 la calificación categórica del indicador técnico I_5 es “muy bueno”, bajo el escenario E2 se tienen los siguientes dos casos:

- El efecto individual resulta en una calificación numérica global de nivel de servicio igual a 0.758.
- El efecto de superposición ($I_1+I_2+I_3+I_4+I_5$) resulta en una calificación numérica global de nivel de servicio igual a 0.761.

Además, de la tabla 3.5.20 se observa que:

- Dado que el indicador técnico I_7 posee una calificación categórica “muy malo” (tabla 3.5.19) y su nivel de importancia es 1, independiente del escenario (E1, E2, E3) el efecto individual es una calificación global de nivel de servicio igual a 0.420.
- Dado que el indicador técnico I_9 posee una calificación categórica “malo” (tabla 3.5.19) y su nivel de importancia es 3, el efecto individual es una calificación global de nivel de servicio igual a 0.485, 0.654 y 0.804 para los escenarios E1, E2 y E3 respectivamente. Es decir, genera una calificación global menor a 0.500 (calificación categórica “malo”) solo bajo el escenario E1.
- Al superponer las calificaciones categóricas de diferentes indicadores técnicos, independiente del escenario (E1, E2, E3) cuando se incluye el indicador I_7 la calificación numérica global de nivel de servicio es menor a 0.500.

Tabla 3.5.20: *Calificación numérica global de nivel de servicio (mayo 2016, concesión sur) al modificar la calificación categórica de indicadores técnicos.*

Escenario	Indicador técnico	Calificación	Indicador técnico	Calificación
E1	l_1	0.537	l_1	0.537
	l_2	0.500	$l_1 + l_2$	0.537
	l_3	0.511	$l_1 + \dots + l_3$	0.547
	l_4	0.522	$l_1 + \dots + l_4$	0.569
	l_5	0.515	$l_1 + \dots + l_5$	0.584
	l_6	0.515	$l_1 + \dots + l_6$	0.599
	l_7	0.420	$l_1 + \dots + l_7$	0.420
	l_8	0.508	$l_1 + \dots + l_8$	0.420
	l_9	0.485	$l_1 + \dots + l_9$	0.410
	l_{10}	0.508	$l_1 + \dots + l_{10}$	0.410
E2	l_1	0.750	l_1	0.750
	l_2	0.743	$l_1 + l_2$	0.743
	l_3	0.750	$l_1 + \dots + l_3$	0.743
	l_4	0.761	$l_1 + \dots + l_4$	0.754
	l_5	0.758	$l_1 + \dots + l_5$	0.761
	l_6	0.758	$l_1 + \dots + l_6$	0.769
	l_7	0.420	$l_1 + \dots + l_7$	0.420
	l_8	0.754	$l_1 + \dots + l_8$	0.420
	l_9	0.654	$l_1 + \dots + l_9$	0.410
	l_{10}	0.750	$l_1 + \dots + l_{10}$	0.410
E3	l_1	0.963	l_1	0.963
	l_2	0.986	$l_1 + l_2$	0.949
	l_3	0.989	$l_1 + \dots + l_3$	0.938
	l_4	1.000	$l_1 + \dots + l_4$	0.938
	l_5	1.000	$l_1 + \dots + l_5$	0.938
	l_6	1.000	$l_1 + \dots + l_6$	0.938
	l_7	0.420	$l_1 + \dots + l_7$	0.420
	l_8	1.000	$l_1 + \dots + l_8$	0.420
	l_9	0.804	$l_1 + \dots + l_9$	0.410
	l_{10}	0.993	$l_1 + \dots + l_{10}$	0.410

3.5.2.2.2. Efecto de modificar la calificación categórica de indicadores técnicos

Considerando que las calificaciones categóricas, de los indicadores técnicos I_7 e I_9 , presentadas en la tabla 3.5.19 son “muy malo” y “malo”, se analiza el efecto de modificar sus calificaciones categóricas originales a las correspondientes a los tres escenarios descritos anteriormente (E1, E2, E3). Además, se asume que los indicadores técnicos que pertenecen al modelo de nivel de servicio, pero que no están evaluados en la tabla 3.5.19, adoptan la calificación categórica del escenario respectivo.

Por ejemplo, bajo el escenario 3, se tiene lo siguiente:

- Cuando el indicador técnico I_7 modifica su calificación categórica original “muy malo” (tabla 3.5.19) por la correspondiente al escenario 3 (“muy bueno”), la calificación numérica global de nivel de servicio es igual a 0.760.
- Cuando el indicador técnico I_9 modifica su calificación categórica original “malo” (tabla 3.5.19) por la correspondiente al escenario 3 (“muy bueno”), la calificación numérica global de nivel de servicio es igual a 0.420.
- Cuando se modifican simultáneamente los indicadores técnicos $I_7 + I_9$, la calificación numérica global de nivel de servicio es igual a 0.931.

Tabla 3.5.21: *Calificación numérica global de nivel de servicio de la concesión sur (mayo 2016) al modificar la calificación categórica de los indicadores I_7 e I_9 .*

Escenario	Indicador técnico modificado	Calificación
E1	I_7	0.548
	I_9	0.420
	$I_7 + I_9$	0.615
E2	I_7	0.654
	I_9	0.420
	$I_7 + I_9$	0.773
E3	I_7	0.760
	I_9	0.420
	$I_7 + I_9$	0.931

En definitiva, al considerar todos los indicadores ($I_1 + \dots + I_{10}$) con sus calificaciones categóricas originales (tabla 3.5.20) y al modificar las calificaciones categóricas “muy malo” y “malo” ($I_1 + I_9$) a un determinado escenario (tabla 3.5.21), la variación en la calificación numérica global de nivel de servicio, depende del escenario:

- E1: la calificación global de nivel de servicio se modifica de 0.410 a 0.615.
- E2: la calificación global de nivel de servicio se modifica de 0.410 a 0.773.
- E3: la calificación global de nivel de servicio se modifica de 0.410 a 0.931.

3.5.2.2.3. Calificación global de nivel de servicio

El proceso descrito para un mes y año en particular de la concesión sur, se desarrolla de forma análoga para los meses y años restantes. En este contexto se definen dos casos (C1, C2):

- C1: se consideran todos los indicadores técnicos con la calificación categórica original.
- C2: a todos los indicadores técnicos con calificación categórica “muy malo” o “malo” se les asigna la calificación categórica del escenario correspondiente (E1, E2, E3).

En la tabla 3.5.22 se presenta la calificación numérica global de nivel de servicio de la concesión sur, para los años 2015, 2016 y 2017, bajos tres escenarios (E1, E2, E3) y dos casos (C1, C2). Se verifica que los resultados de mayo de 2016, son los presentados previamente en las tablas 3.5.20 y 3.5.21.

Tabla 3.5.22: *Calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de la concesión sur.*

Año	Escenario	Caso	Mes											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2015	E1	C1	0.552	0.656	0.556	0.410	0.420	0.470	0.420	0.470	0.606	0.470	0.619	0.470
		C2	0.656	0.656	0.625	0.611	0.612	0.634	0.602	0.616	0.606	0.626	0.619	0.619
	E2	C1	0.658	0.797	0.662	0.410	0.420	0.470	0.420	0.470	0.747	0.470	0.760	0.470
		C2	0.805	0.797	0.770	0.769	0.764	0.786	0.754	0.768	0.747	0.778	0.760	0.771
	E3	C1	0.763	0.938	0.767	0.410	0.420	0.470	0.420	0.470	0.888	0.470	0.901	0.470
		C2	0.953	0.938	0.915	0.927	0.916	0.938	0.906	0.920	0.888	0.930	0.901	0.923
2016	E1	C1	0.480	0.470	0.552	0.380	0.410	0.470	0.552	0.556	0.656	0.450	0.420	0.470
		C2	0.629	0.572	0.631	0.612	0.615	0.634	0.644	0.622	0.656	0.612	0.634	0.634
	E2	C1	0.480	0.470	0.658	0.380	0.410	0.470	0.658	0.662	0.797	0.450	0.420	0.470
		C2	0.785	0.724	0.776	0.771	0.773	0.786	0.791	0.769	0.797	0.771	0.786	0.786
	E3	C1	0.480	0.470	0.763	0.380	0.410	0.470	0.763	0.767	0.938	0.450	0.420	0.470
		C2	0.941	0.876	0.921	0.931	0.931	0.938	0.938	0.916	0.938	0.931	0.938	0.938
2017	E1	C1	0.544	0.400	0.656	0.634	0.420	0.656	0.420	0.470	0.420	0.634	0.370	0.656
		C2	0.649	0.622	0.656	0.634	0.627	0.656	0.622	0.634	0.634	0.634	0.593	0.656
	E2	C1	0.650	0.400	0.797	0.775	0.420	0.797	0.420	0.470	0.420	0.775	0.370	0.797
		C2	0.797	0.780	0.797	0.775	0.779	0.797	0.774	0.786	0.786	0.775	0.756	0.797
	E3	C1	0.756	0.400	0.938	0.916	0.420	0.938	0.420	0.470	0.420	0.916	0.370	0.938
		C2	0.945	0.938	0.938	0.916	0.931	0.938	0.926	0.938	0.938	0.916	0.919	0.938

A cada calificación numérica global de nivel de servicio de la tabla 3.5.22, se le asigna una calificación categórica según la tabla ???. Por lo tanto, con el propósito de realizar un análisis comparativo del nivel de servicio entre distintos años, bajo tres escenarios (E1, E2, E3) y un caso (C1), se contabiliza la distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión sur, como se presenta en la figura 3.5.17. Por ejemplo, bajo el escenario 1 y durante el año 2015, se tienen 7 meses con calificación categórica “malo”, 4 meses con calificación categórica “justo” y 1 mes con calificación categórica “bueno”.

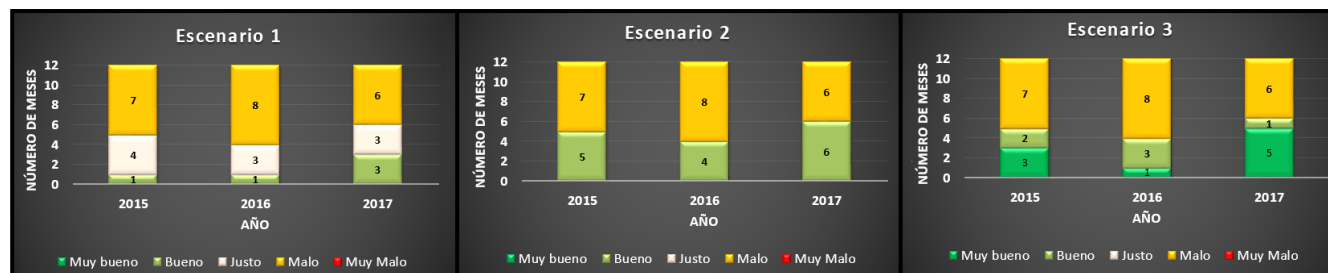


Figura 3.5.17: *Distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión sur.*

Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.5.17 se tiene que:

- Independiente del escenario considerado (1, 2 o 3), el número de meses con calificaciones categóricas mensuales “malo” es constante. Es decir, la falla en indicadores técnicos en una determinada severidad y cantidad, que genera una calificación global insuficiente (“malo”), no se compensa con mejorar el desempeño en otros indicadores.
- Al comparar la distribución de meses en las categorías “justo”, “bueno” y “muy bueno” en los escenarios 1, 2 y 3, se observa que mejorar el desempeño en los indicadores técnicos sí se ve reflejado en mejores calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio. Por ejemplo, al comparar los escenarios durante el año 2015, se observa que los 4 meses “justo” y 1 mes “bueno” bajo el escenario 1, se transforman en 5 meses “bueno” bajo el escenario 2, y en 3 meses “muy bueno” y 2 meses “bueno” bajo el escenario 3.
- Independiente del escenario considerado (1, 2 o 3), el mejor desempeño anual de nivel de servicio es durante el 2017, luego el 2015 y finalmente el año 2016.

A partir de la tabla 3.5.22, se construye la figura 3.5.18, en la que es posible comparar la calificación global de nivel de servicio entre meses de distintos años (2015, 2016, 2017) y bajo 3 escenarios (E1, E2, E3). Por ejemplo, durante el mes de noviembre y bajo el escenario E1, el mejor nivel de desempeño se da durante el 2015, seguido por el 2016 y luego el 2017. Esta jerarquización de desempeño, es invariante al escenario considerado.

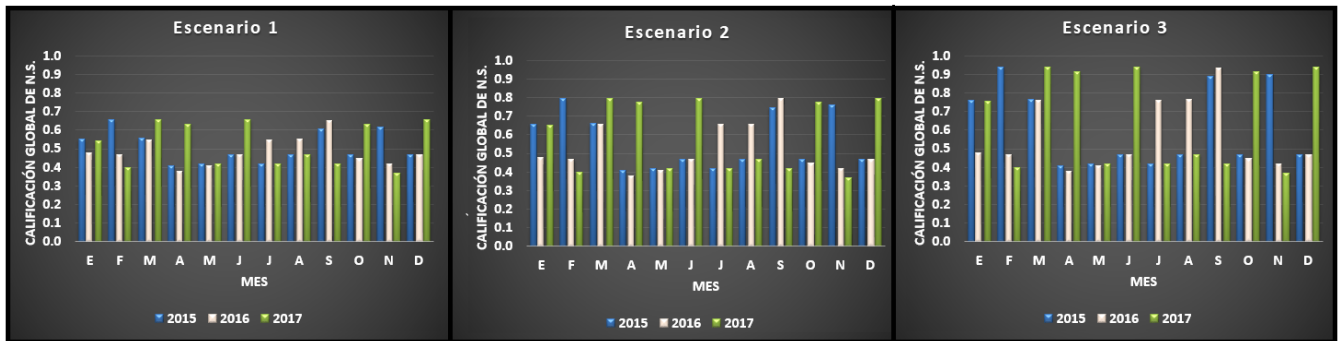


Figura 3.5.18: *Calificación numérica mensual de nivel de servicio en la concesión sur.*

Fuente: Elaboración propia

De forma análoga, en las tablas 3.5.23 y 3.5.24 se presentan las calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de las concesiones centro y norte. Dicha calificaciones, se obtienen para los años 2014, 2015 y 2016, bajos tres escenarios (E1, E2, E3) y dos casos (C1, C2). La calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados durante dichos años se resumen en el apéndice C.

Tabla 3.5.23: *Calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de la concesión centro.*

Año	Escenario	Caso	Mes											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	E1	C1	0.619	0.619	0.470	0.380	0.300	0.380	0.300	0.260	0.440	0.400	0.120	0.200
		C2	0.619	0.619	0.587	0.553	0.553	0.562	0.567	0.547	0.571	0.584	0.510	0.533
	E2	C1	0.810	0.810	0.470	0.380	0.300	0.380	0.300	0.260	0.480	0.400	0.120	0.200
		C2	0.810	0.810	0.794	0.768	0.772	0.769	0.784	0.774	0.760	0.792	0.755	0.767
	E3	C1	1.000	1.000	0.470	0.380	0.300	0.380	0.300	0.260	0.440	0.400	0.120	0.200
		C2	1.000	1.000	1.000	0.982	0.990	0.976	1.000	1.000	0.991	1.000	1.000	1.000
2015	E1	C1	0.400	0.400	0.420	0.619	0.619	0.260	0.200	0.240	0.170	0.220	0.150	0.260
		C2	0.560	0.584	0.586	0.619	0.619	0.546	0.529	0.545	0.500	0.500	0.500	0.506
	E2	C1	0.400	0.400	0.420	0.810	0.810	0.260	0.200	0.240	0.170	0.220	0.150	0.260
		C2	0.768	0.792	0.793	0.810	0.810	0.771	0.765	0.773	0.750	0.741	0.750	0.739
	E3	C1	0.400	0.400	0.420	1.000	1.000	0.260	0.200	0.240	0.170	0.220	0.150	0.260
		C2	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	0.995	1.000	1.000	1.000	0.982	1.000	0.972
2016	E1	C1	0.200	0.440	0.350	0.450	0.390	0.450	0.280	0.480	0.370	0.480	0.380	0.616
		C2	0.524	0.591	0.534	0.579	0.559	0.591	0.542	0.604	0.529	0.574	0.586	0.616
	E2	C1	0.200	0.440	0.350	0.450	0.390	0.450	0.280	0.480	0.370	0.480	0.380	0.807
		C2	0.757	0.796	0.758	0.784	0.779	0.796	0.771	0.801	0.743	0.776	0.793	0.807
	E3	C1	0.200	0.440	0.350	0.450	0.390	0.450	0.280	0.480	0.370	0.480	0.380	0.997
		C2	0.990	1.000	0.982	0.988	1.000	1.000	1.000	0.997	0.956	0.977	1.000	0.997

Tabla 3.5.24: *Calificaciones numéricas globales de nivel de servicio de la concesión norte.*

Año	Escenario	Caso	Mes											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	E1	C1	0.354	0.430	0.380	0.300	0.350	0.360	0.360	0.380	0.440	0.450	0.390	0.450
		C2	0.597	0.548	0.570	0.533	0.526	0.548	0.537	0.548	0.555	0.581	0.555	0.555
	E2	C1	0.457	0.430	0.380	0.300	0.350	0.360	0.360	0.380	0.440	0.480	0.390	0.480
		C2	0.788	0.717	0.739	0.721	0.713	0.724	0.713	0.717	0.724	0.739	0.724	0.713
	E3	C1	0.460	0.430	0.380	0.300	0.350	0.360	0.360	0.380	0.440	0.480	0.390	0.480
		C2	0.978	0.887	0.909	0.909	0.901	0.901	0.890	0.887	0.894	0.898	0.894	0.872
2015	E1	C1	0.354	0.400	0.350	0.653	0.430	0.330	0.430	0.450	0.430	0.450	0.380	0.400
		C2	0.570	0.600	0.574	0.653	0.573	0.559	0.574	0.630	0.596	0.608	0.581	0.566
	E2	C1	0.450	0.400	0.350	0.794	0.430	0.330	0.430	0.480	0.430	0.450	0.380	0.400
		C2	0.770	0.756	0.748	0.794	0.743	0.739	0.743	0.782	0.765	0.771	0.750	0.732
	E3	C1	0.450	0.400	0.350	0.935	0.430	0.330	0.430	0.480	0.430	0.450	0.380	0.400
		C2	0.970	0.912	0.923	0.935	0.912	0.920	0.913	0.935	0.935	0.935	0.920	0.898
2016	E1	C1	0.410	0.370	0.400	0.460	0.552	0.490	0.440	0.475	0.410	0.450	0.490	0.480
		C2	0.582	0.570	0.580	0.621	0.619	0.593	0.584	0.590	0.608	0.596	0.636	0.629
	E2	C1	0.410	0.370	0.400	0.460	0.658	0.490	0.440	0.480	0.410	0.450	0.490	0.480
		C2	0.745	0.749	0.746	0.780	0.764	0.745	0.743	0.750	0.764	0.756	0.787	0.780
	E3	C1	0.410	0.370	0.400	0.460	0.763	0.490	0.440	0.480	0.410	0.450	0.490	0.480
		C2	0.908	0.927	0.912	0.938	0.909	0.898	0.901	0.910	0.920	0.915	0.938	0.931

A partir de las tablas 3.5.23 y 3.5.24, se construyen las figuras 3.5.19 y 3.5.21 en las que se presenta la distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión centro y norte. Además, se presentan las figuras 3.5.20 y 3.5.22 que permiten comparar la calificación global de nivel de servicio entre meses de distintos años (2014, 2015, 2016) y bajo 3 escenarios (E1, E2, E3).

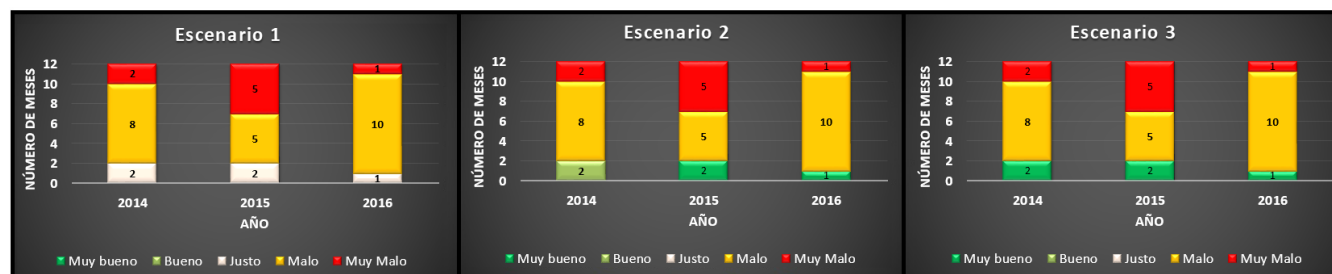


Figura 3.5.19: Distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión centro.

Fuente: Elaboración propia

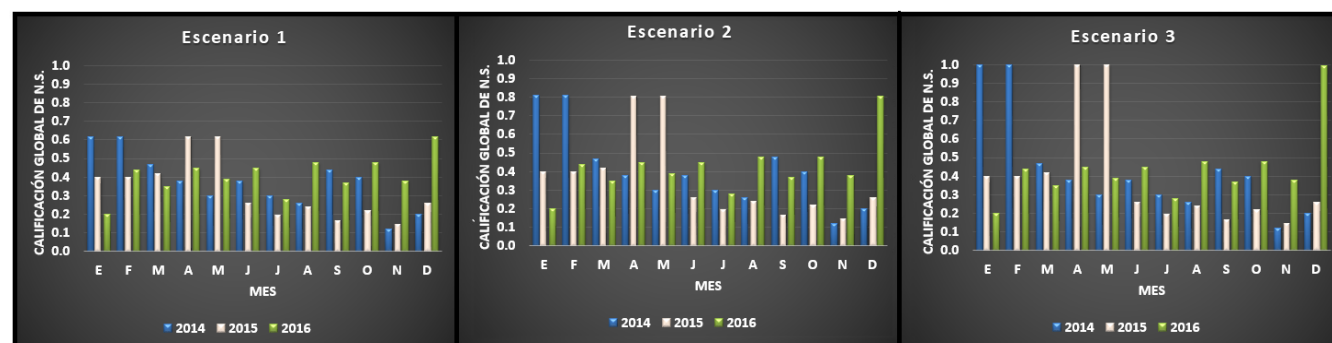


Figura 3.5.20: Calificación numérica mensual de nivel de servicio en la concesión centro.

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.5.21: Distribución anual de calificaciones categóricas mensuales de nivel de servicio en la concesión norte.

Fuente: Elaboración propia

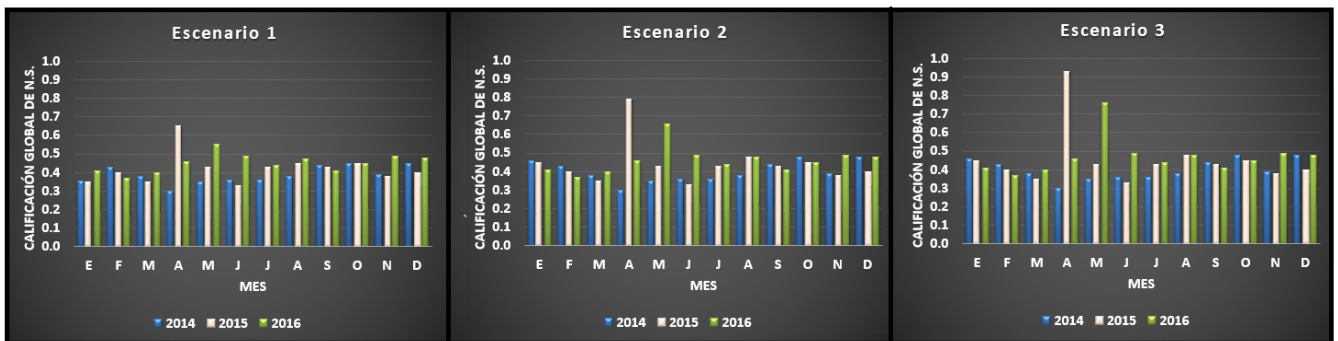


Figura 3.5.22: Calificación numérica mensual de nivel de servicio en la concesión norte.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

Conclusiones

Consecuente con el aumento de las expectativas por parte de los usuarios de carreteras concesionadas, se ha desarrollado un modelo de nivel de servicio, aplicable durante la etapa de explotación, orientado exclusivamente a satisfacer las demandas de los usuarios que transitan por la vía en vehículos motorizados.

La estructura conceptual del modelo de nivel de servicio desarrollado, se fundamenta en los atributos intangibles demandados por los usuarios de carreteras, que son transversales a nivel mundial: comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad. A su vez, estos atributos denominados “valores en juego”, se vinculan con los activos viales físicos y otros servicios que son posibles de evaluar durante la etapa de explotación de una carretera interurbana concesionada.

Se ha determinado, que los ponderadores de importancia relativa entre los distintos valores en juego son: comodidad (25 %), seguridad (40 %), movilidad y accesibilidad (30 %), otros (5 %). A su vez, para cada uno de los elementos vinculados con los valores en juego, se ha determinado su importancia relativa. Por ejemplo, el indicador técnico más influyente en la comodidad de los usuarios (50 %), es el que evalúa la regularidad longitudinal del pavimento. Al mismo tiempo, se ha determinado que los indicadores técnicos más influyentes en la seguridad de los usuarios (9 % cada uno), son los que evalúan la luminancia media-uniformidad global de la iluminación y la condición de la señalización vertical. Por otro lado, el indicador más influyente en la movilidad y accesibilidad de los usuarios (90 %), es el que evalúa el aumento en los tiempos medios de viaje.

Las características relevantes para los usuarios, se evalúan a través de indicadores técnicos objetivos. En particular, se ha ejemplificado el desarrollado de un indicador técnico para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento, identificando el parámetro técnico (Mean Roughness Index) y equipo de medición (perfilómetro inercial de alta velocidad) más apropiado en el contexto del modelo propuesto. Adicionalmente, se establecen las normativas de referencia para el equipo (ASTM E950) y la metodología de medición (ASTM E1170). La definición de niveles de desempeño del indicador, se ha actualizado de acuerdo a los nuevos avances tecnológicos de construcción y materiales, verificando en general su cumplimiento al evaluar datos reales de carreteras interurbanas concesionadas.

Se ha definido una metodología de cálculo, que permite generar reportes de calificaciones de nivel de servicio, tanto en una escala numérica como categórica, de todos los elementos constitutivos del modelo de nivel de servicio:

- Característica/indicador técnico (por ejemplo la regularidad longitudinal del pavimento evaluada a través del Mean Roughness Index).
- Subactivo vial (por ejemplo calzada).
- Activo vial (por ejemplo plataforma).
- Valor en juego (por ejemplo comodidad).
- Calificación global de nivel de servicio.

Algunos de los atributos de la metodología de cálculo propuesta son:

- Permite orientar adecuadamente la gestión de la sociedad concesionaria. Por ejemplo, a través del seguimiento de las calificaciones categóricas de cada uno de los indicadores técnicos, se pueden programar acciones preventivas que eviten el deterioro acelerado de ciertos elementos y que luego se vean reflejados en niveles de servicio inadecuados. Además, a partir de la determinación de la importancia relativa de todos los elementos constitutivos del modelo, se incentiva que la sociedad concesionaria se enfoque en los atributos de mayor relevancia para los usuarios.
- Constituye un instrumento de información fácilmente interpretable por los usuarios de carreteras. Por ejemplo, a través del reporte de calificaciones categóricas (muy malo, malo, justo, bueno, muy bueno) de cada uno de los valores en juego (comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad, otros) y de la calificación global de nivel de servicio, se da cuenta a los usuarios del servicio proporcionado por la sociedad concesionaria.

Por construcción, el modelo desarrollado permite valorizar desempeños superiores a los mínimos exigidos, en cada uno de los indicadores técnicos y a nivel global. Por lo tanto, se ha desarrollado una propuesta genérica, adaptable a cada proyecto en particular, para establecer incentivos a partir del desempeño cuantificado por el modelo de nivel de servicio durante todo el periodo de concesión, sin embargo, se deja abierta la posibilidad de definir incentivos anuales a partir del desempeño cuantificado durante el mismo. De manera simultánea, a partir de las calificaciones globales de nivel de servicio, se ha desarrollado una propuesta genérica para establecer causales de incumplimiento grave de las obligaciones de la sociedad concesionaria. Por último, se utilizan conceptos vinculados al modelo de nivel de servicio propuesto, tales como la importancia relativa y la calificación categórica de los indicadores técnicos, los valores en juego involucrados y el nivel de ingresos de la concesión, para definir una propuesta genérica de penalizaciones.

La simulación del modelo de nivel de servicio propuesto, utilizando datos de 3 carreteras interurbanas concesionadas en etapa de explotación, ha permitido cuantificar la evolución del desempeño global de nivel de servicio durante los años considerados en el análisis. Por ejemplo, se ha determinado que en términos de evaluación anual, en la concesión sur el mejor desempeño se dio durante el año 2017, seguido por el 2015 y finalmente el 2016. Al mismo tiempo, se pudo comparar el nivel de servicio prestado durante el mismo mes, pero en diferentes años. Por ejemplo, para el mes de noviembre de la concesión sur, el mejor nivel de desempeño se da en el año 2015, seguido por el 2016 y finalmente el 2017.

El modelo de nivel de servicio propuesto es de carácter general, por lo tanto, se sugiere para futuros trabajos de investigación:

- Desarrollar modelos específicos para diferentes tipos de usuarios, realizando una diferenciación entre conductores de vehículos livianos y pesados.
- Desarrollar indicadores técnicos que evalúen activos viales no considerados bajo el esquema de modelo general de nivel de servicio a los usuarios. Por ejemplo, algunos proyectos particulares pueden verse enfrentados a la necesidad de utilizar terrenos en áreas con peligros de avalanchas de nieve, por lo tanto, será necesario desarrollar indicadores técnicos para evaluar la condición de la infraestructura proyectada para el control de dichas avalanchas. Adicionalmente, en la medida que se incorporen nuevas tecnologías en el futuro, será necesario estudiar cuáles son las nuevas obras de infraestructura que deben evaluarse a través de indicadores técnicos, para cuantificar la satisfacción de los usuarios. Por ejemplo, en la medida que se masifiquen los automóviles eléctricos se requerirá diseñar y luego evaluar el desempeño de la infraestructura requerida, tales como los puntos de recarga u otros.
- Dado que para la determinación del desempeño de cada uno de los indicadores técnicos, se considera la carretera completa, la evaluación de dichos indicadores no se correlaciona directamente con el recorrido efectivamente realizado por un usuario en particular, y por lo tanto, con su experiencia de viaje. Se sugiere adaptar el modelo general a tramos específicos recorridos por los usuarios, para dar cuenta de la experiencia de viaje de los mismos.
- Dado que las demandas de los usuarios de carreteras son dinámicas en el tiempo, se sugiere desarrollar una metodología específica que considere un proceso de consulta a los usuarios, para cuantificar sus expectativas y que esto permita actualizar periódicamente los ponderadores de los valores en juego (comodidad, seguridad, movilidad y accesibilidad, otros). Adicionalmente, para los nuevos modelos desarrollados, que incluyan nuevos indicadores técnicos, se debe seguir una metodología, por ejemplo la presentada en el capítulo 3.2, para determinar la importancia relativa de cada uno de los componentes.

Por último, se destaca que el modelo desarrollado, constituye una herramienta para evaluar la satisfacción de los usuarios durante la etapa de explotación. Sin embargo, muchos aspectos quedan condicionados por el diseño inicial, por lo tanto, se requieren instrumentos de gestión que permitan definir las condiciones necesarias para la ejecución de nuevas obras, conocidos como “gatilladores de inversión”. Por ejemplo, un cierto nivel de tránsito vehicular y otras condiciones que se definan, pueden alertar la necesidad de aumentar la capacidad de la vía. De manera similar, se puede estudiar la necesidad de nuevas obras de seguridad vial a partir de la identificación de tramos con concentración de accidentes.

Referencias

- Abiola, O., & Kupolati, W. (2014). Modelling Present Serviceability Rating of Highway Using Artificial Neural Network.
- Aczél, J., & Saaty, T. L. (1983). Procedures for synthesizing ratio judgments. *Journal of Mathematical Psychology*, 27(1), p.93-102. 1
- Al-Omari, B. & Darter, M. I. (1994). Relationships between international roughness index and present serviceability rating. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1435(1), 130 - 36.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO R 43-13. standard practice for quantifying roughness of pavements. Washington, DC.
- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO. (1962). The AASHO Road Test; American Association of State Highway Officials Report 5 Pavement Research. Highway Research Board.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). 2003. Constructing Smooth Concrete Pavements. TB006.02P. American Concrete Pavement Association, Rosemont, IL.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). 2013. Pavement Smoothness Requirements. American Concrete Pavement Association, Rosemont, IL.
- Arhin, S. A., Noel, E. C., & Ribbiso, A. (2015). Acceptable international roughness index thresholds based on present serviceability rating. *Journal of Civil Engineering Research*, 5(4), 90-96.
- Asiqi, C. L., (1980). Influencia de los parámetros foto-métricos en el diseño óptimo y calidad de la iluminación de carreteras. *Revista de obras públicas*.
- ASTM E1489 - 08 (2013). Standard Practice for Computing Ride Number of Roads from Longitudinal Profile Measurements Made by an Inertial Profile Measuring Device
- ASTM E950/E950M-18. Standard test method for measuring the longitudinal profile of traveled surfaces with an accelerometer established inertial profiling reference.

- Álvarez, S., & Rivero, R. (2012). Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(1), 49-55.
- Asphaltic Concrete Surface Smoothness. (2014). Asphaltic concrete surface smoothness (AC-SO), Special provision no. 103F31. Ontario: Ministry of Transportation, 10 p.
- 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 (2016a), Levels of Service for Non-Freight Road Users, AP-T316-16, Austroads, Sydney, NSW.
- Austroads (2016b), Defining asset management level of service requirements for freight on rural arterial roads, AP-T306-16, Austroads, Sydney, NSW.
- Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. (2008). Determinación de un Procedimiento de Ensayo para el Cálculo del IRI. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Burgos, S. (2019). Indicadores de desempeño para capacidad estructural y vibraciones del pavimento y serviciabilidad de paraderos, para modelo de niveles de servicio en carreteras concesionadas. Memoria de Título. Ingeniería Civil. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile.
- Chen, D., Hildreth, J., & Nicholas, T. (2014). Development of IRI Limits and Targets for Network Management and Construction Approval Purposes.
- Chu, L., & Fwa, T. F. (2016). Evaluating wet-weather driving safety risks of pavement ruts. In *Functional Pavement Design* (pp. 1523-1531). CRC Press.
- Comisión de Transportes CICCOP (2005). Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Libro Verde de Indicadores de Calidad de Servicio de Carreteras. CICCOP, Madrid.
- COPSA (2016). Estudio prospectivo sobre infraestructura concesionada. Impakta Consultores . Enero 2016.
- COST (2008). COST action 354: Performance indicators for road pavements. European cooperation in the field of scientific and technical research, FSV-Austrian Transport Research Association, Vienna, Austria.
- Cundill, M. A. (1991). The MERLIN low-cost road roughness measuring machine. TRRL.

- Czech Office for Standards, Metrology and Testing (COFSMaT). (2015). Mereni a hodnocení nerovnosti povrchu vozovek [Measurement and evaluation of road surface unevenness] (CSN 73 6175: 2015). Prague: Author, 32 p (in Czech).
- DDOT & FHWA (2006). The DC Streets Performance-Based Asset Preservation Experiment-Current Quantitative Results and Suggestions for Future Contracts. Estados Unidos.
- Dynatest (2013). Dynatest 5051 Mark III/IV RSP Road Surface Profiler Test Systems. Owner's Manual Version 2.6.12
- Estradas de Portugal (EdP). (2009). Caderno de Encargos Tipo Obra: 15.03 – Pavimentação – Métodos Construtivos [The specification of work type: 15:03 – Paving – Constructive methods]. Almada: Author (in Portuguese).
- Fernández, J. A. E., & Villar, J. P. S. (2016). La explotación, mantenimiento y conservación de las carreteras. Revista de Obras Públicas: Organo profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos, (3574), 37-54.
- Fernando, E. and N.Y. Lee (1999). Technical Memorandum. "Documentation of Ride University System. College Station, TX. December. Surveys Conducted in Project 4901". Texas Transportation Institute. Texas A&M.
- FDOT (2011). Flexible Pavement Smoothness Acceptance Report Ride Number Edition. FL/DOT/SMO/11-547.
- FHWA (2016). Measuring and Specifying Pavement Smoothness (No. FHWA-HIF-16-032).
- FHWA (2017). MAP-21 | Federal Highway Administration. Recuperado el 8 de septiembre de 2017. <http://www.fhwa.dot.gov/map21/>. Estados Unidos.
- Generalny Dyrektor Drog Krajowych i Autostrad (GDDKiA). (2011). Nawierzchnia z betonu asfaltowego. Warstwa scieralna wg PN-EN. D – 05.03.05a. Author, 29 p. (in Polish).
- Gillespie, T. D. (1992). Everything you always wanted to know about the iri, but were afraid to ask. The University of Michigan Transportation Research Institute. Nebraska.
- Hacar, F., Jönsson, J., & Vigne, G. (2016). Contaminantes del aire en los túneles de carretera y límites admisibles. de RAD. Ingeniería Sostenible. Energía, Gestión Ambiental y Cambio Climático.
- Hall, K.T. & Correa Muñoz, C.E. (1999). Estimation of Pavement Serviceability Index from International Roughness Index. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1655, 93-99.
- Hassan, R. A., & McManus, K. (2003). Assessment of interaction between road roughness and heavy vehicles. Transportation research record, 1819(1), 236-243.

- Hassan, R. A., McManus, K., & Cossens, I. (2006). Development of HATI–Heavy Articulated Truck Index. In *Research into Practice: 22nd ARRB Conference* ARRB Group Ltd.
- Highway Performance Monitoring System. (2014). *Highway Performance Monitoring System (HPMS) field manual*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 284 p.
- Hu, J., Gao, X., Wang, R., & Sun, S. (2017). Research on comfort and safety threshold of pavement roughness. *Transportation Research Record*, 2641(1), 149-155.
- Huang, Y. (1993). *Pavement Analysis and Design*. New Jersey, Estados Unidos: Prentice Hall.
- Indiana toll road (2006). *Concession and lease agreement*. Estados Unidos.
- Instituto MAPFRE (2000). *Valoración social de las carreteras españolas*. España.
- Janoff, M. S. (1988). National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 308: *Pavement Roughness and Rideability Field Evaluation*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- Jiménez, J. M. M. (2002). El proceso analítico jerárquico (AHP). *Fundamentos, metodología y aplicaciones*. Caballero, R. y Fernández, GM *Toma de decisiones con criterios múltiples*. RECT@. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*. Serie Monografías, (1), 21-53.
- Justo-Casaretto, M. (2013). *Experiencia en medición de niveles de servicio en carreteras asfaltadas en zona de selva*. Tesis de Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. Universidad Nacional de Piura. Perú.
- Karamihas, S. M. (1999). *Guidelines for longitudinal pavement profile measurement*.
- Karamihas, S. M. (2005). *Critical profiler accuracy requirements*.
- Kuemmel, D.A., R.K. Robinson, R.J. Griffin, R.C. Sonntag, and J.K. Giese (2001).
 - *Public Perceptions of the Midwest’s Pavements –Final Phase III Report – Iowa*. Report CHTE 2001-02. WisDOT Highway Research Study #94-07. January 2001.
 - *Public Perceptions of the Midwest’s Pavements –Executive Summary –Minnesota*. Report CHTE 2001-02. WisDOT Highway Research Study #94-07. February 2001.
 - *Public Perceptions of the Midwest’s Pavements –Executive Summary –Wisconsin*. Report WI/SPR-01-01. WisDOT Highway Research Study #94-07. January 2001.
- Ke, Y. Wan, S.Q., Chan, A. y Lam, P. (2010). Preferred risk allocation in China’s public–private partnership (PPP) projects. *International Journal of Project Management*, 28(5), 482–492.

- Krugman, M y Carnales, B (2009). Categorización de la red vial nacional y establecimiento de niveles de servicio para los distintos componentes de la carretera. 13 Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Buenos Aires. Argentina.
- Laurent, J., Hebert, J. F., Lefebvre, D., & Savard, Y. (2012b). "3D laser road profiling for the automated measurement of road surface conditions and geometry." 7th RILEM Int. Conf. on Cracking in Pavements, Springer, Netherlands.
- Lietuvos Automobiliu Keliu Direkcijos prie Susisiekimo Ministerijos Direktorius. (2014). [Order on the road maintenance. Part I – Road maintenance KPV norms PN-14 approval]. Vilnius: Author, 109 p.
- Loizos, A., & Plati, C. (2008). An alternative approach to pavement roughness evaluation. *International Journal of Pavement Engineering*, 9(1), 69-78.
- Magyar Utugyi Tarsasag. (2008). Ut-palyaszerkezeti aszfaltretegek [Asphalt road pavement structure layers] (UT 2-3.302:2008). Budapest: Author (in Hungarian).
- Marketing & Development Research Associates (2007). Road user satisfaction survey in the state of himachal pradesh. India.
- Marradi, A. (2013). Harmonization in pavement smoothness rating of new and old pavements. 1st European road profile users' group meeting. Copenhagen: European Road Profile Users' Group, 39 p.
- McGhee, K. K. (2002). A new approach to measuring the ride quality of highway bridges (No. VTRC 02-R10). Virginia Transportation Research Council.
- Merritt, D. K., Chang, G. K., & Rutledge, J. L. (2015). Best practices for achieving and measuring pavement smoothness, a synthesis of state-of-practice (No. FHWA/LA. 14/550).
- Ministerstvo regionalnogo razvitija Rossijskoj Federacii (MRRRF). (2012). Avtomobilnye dorogi [Roads] (SP 78.13330). Moscow: Author, 117 p. (in Russian).
- Ministerstvo dopravy, vystavby a regionalneho rozvoja. (2012). Meranie a hodnotenie nerovnosti vozoviek pomocou zariadenia Profilograph GE [Measurement and evaluation of pavement roughness using Profilograph GE] (TP 04/2012). Author, 20 p. (in Slovak).
- Ministerstvo industrii i trgovli RK. (2003). Dorogi avtomobilnye i aerodromy. Metody izmerenija nerovnostej osnovanij i pokrytij [Road car and airfields. Methods for measuring the roughness of layers and covers] (ST RK 1219-2003). Astana: Author, 23 p. (in Russian).
- Ministerio de Obras Públicas (MOP), Dirección General de Obras Públicas (DGOP). (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 (MOP), Dirección General de Obras Públicas (DGOP). (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 (MOP), Dirección General de Obras Públicas (DGOP). (2016c). Tercera medición de satisfacción y calidad de servicio percibida por los usuarios de obras viales.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2015). Dirección General de Concesiones. Bases de licitación “Segunda Concesión Camino Nogales – Puchuncaví”, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2016a). Dirección General de Concesiones. Bases de licitación “Concesión mejoramiento ruta Nahuelbuta”, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2016b). Dirección General de Concesiones. Bases de licitación “Concesión Américo Vespucio Oriente Príncipe de Gales - Los Presidentes”, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2017). Dirección General de Concesiones. Bases de licitación “Segunda Concesión Rutas del Loa”, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas (2018a). Dirección General de Concesiones. Bases de licitación “Concesión mejoramiento ruta G-21”, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2018b). Manual de carreteras Volumen N^o 8: Especificaciones y métodos de muestreo, ensaye y control.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2018c). Manual de carreteras Volumen N^o 3: Instrucciones y Criterios de Diseño.
- Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2018d). Manual de carreteras Volumen N^o 6: Seguridad Vial.
- Ministerio de Fomento (2007). Pliego-tipo de cláusulas administrativas particulares para la licitación del contrato de concesión de obras públicas para la conservación y explotación de autovías
- 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 Fomento (2012). Nota técnica sobre la armonización de los equipos de medida de la regularidad longitudinal, para la obtención del índice de regularidad internacional (IRI) en la red de carreteras del estado. Marzo 2012.
- Ministerio de Fomento (2018). Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de carreteras y Puentes (PG-3), Parte 5^a Firmes.

- Moffatt, M. (2007). Guide to asset management: part 5B: roughness (No. AGAM05B/07).
- 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.
- Múčka, P. (2017). International Roughness Index specifications around the world. *Road Materials and Pavement Design*, 18(4), 929-965.
- NCHRP. (2010). NCHRP 20-74A - Development of Levels of Service for the Interstate Highway System. National Cooperative Highway Research Program. Washington, DC, EUA: National Cooperative Highway Research Program.
- Norwegian Public Roads Administration. (2014a). Vegbygging [Road construction] (Handbok N200). Author, 528 p. (in Norwegian).
- OCDE (1997). Performance indicators for the road sector. *Transportation*, 26(1), 5-30.
- Ohiduzzaman, M., Sirin, O., & Kassem, E. (2017). Assessment of tire-pavement noise by using on-board sound intensity (OBSI) method in the State of Qatar. *Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields* (June 21, 2017). doi, 10, 9781315100333-139.
- Oyarzún, A. (2019). Indicadores de desempeño en sistema de iluminación exterior, citofonía de emergencia, cercos y portones, áreas bajo pasos inferiores, y barreras antideslumbrantes para modelo de niveles de servicio en carreteras concesionadas. Memoria de Título. Ingeniería Civil. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile.
- Prem, H., Ramsay, E., & McLean, J. (2000). A road profile based truck ride index (TRI). In *International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions*, 6th, 2000, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- Quiralte, C. D., & Soliño, A. S. (2007). Aplicación de indicadores de calidad en concesiones de carreteras en España. *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*,(151), 53-67.
- Reza, F., Boriboonsomsin, K., & Bazlamit, S. M. (2005). Development of a composite pavement performance index (No. ST/SS/05-001). Ada, OH: Department of Civil Engineering, Ohio Northern University.
- Road Directorate of the Federation Bosnia and Herzegovina (RD0FB&H). (2005). Guidelines for road design, construction, maintenance and supervision, Volume II: Construction, Section 1: General technical conditions. Banja Luka: Author, 177 p. (in Serbian).
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1991). *Prediction, Projection and Forecasting: Applications of the Analytic Hierarchy Process in Economics, Finance, Politics, Games and Sports*: Kluwer Academic Publishers.

- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Sayers, M. W., Gillespie, T. D., & Paterson, W. D. O. (1986). *Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements* (Technical Paper No. 46). Washington, DC: The World Bank.
- Sayers, M. W. (1986). *The international road roughness experiment: Establishing correlation and a calibration standard for measurements*.
- Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. (1998). *The little book of profiling*. University of Michigan.
- SCT (2006). Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. Norma M-MMP-4-07-002/06 Índice de Perfil.
- Sepúlveda, R. (2019). *Indicadores de desempeño en túneles viales para modelo de niveles de servicio de carreteras*. Memoria de Título. Ingeniería Civil. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile.
- Shafizadeh, K. R., Mannering, F. L., & Pierce, L. M. (2002). *A statistical analysis of factors associated with driver-perceived road roughness on urban highways* (No. WA-RD 538.1.). Washington State Department of Transportation.
- Shahin, M. Y. (1994). *Pavement management for airports, roads, and parking lots*.
- SSO. (2012). *Smoothness Specifications Online (SSO)*. Austin, TX: The Transtec Group. Recuperado 18 marzo 2018. <http://www.smoothpavements.com>
- Suthathip Suanmali, Veeris Ammarapala, Paphitchaya Kobsanthia, Theerarat Siriaramsakul, Kasidis Chankao, Jularat Rungruangmeesap Watchraporn Panupintu and Peungpetch ornpratarnsuk (2013). *A framework to evaluate road users' satisfaction level*. Tailandia.
- Talvitie, A. (1999). Performance indicators for the road sector. *Transportation*, 26(1), 5-30.
- Texas Department of Transportation (TxDOT), Tex -1001-S, (2017). *Operating Inertial Profilers and Evaluating Pavement Profiles*. Texas, U.S.
- The Transtec Group (Transtec). 2012. *Smooth Pavements Website*. The Transtec Group, Austin, TX.
- Trafikverket. (2014). *Bitumenbundna lager [Bitumen layers]* (TDOK 2013:0529). Borlange: Author, 121 p. (in Swedish).
- Transport Focus (2017). *Measuring Performance of England's strategic roads: what users want*. Inglaterra.

- Universidad de Concepción (UdeC). (2019a). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la condición de bermas. Informe técnico PL-BE-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019b). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la condición del sobreebanco de plataforma. Informe técnico PL-SA-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019c). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la condición de mediana. Informe técnico PL-ME-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019d). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la señalización vertical. Informe técnico SE-VP-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019e). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a las demarcaciones elevadas. Informe técnico SE-DE-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019f). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a las demarcaciones planas. Informe técnico SE-DP-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019g). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a barreras de contención. Informe técnico ES-BC-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019h). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a amortiguadores de impacto. Informe técnico ES-AI-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019i). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a pistas de emergencia. Informe técnico ES-PE-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019j). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la señalización variable. Informe técnico SE-SV-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019k). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a las áreas de servicio. Informe técnico AS-AS-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019l). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a las vibraciones en el tablero de puentes. Informe técnico PU-TA-IT1.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019m). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la resistencia al deslizamiento en la capa de rodadura. Informe técnico PL-CA-IT6.
- Universidad de Concepción (UdeC). (2019n). Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la limpieza del área de concesión. Informe técnico XX-XX-IT1.
- Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). 2019a. Definición de un indicador de nivel de servicio asociado al ruido de rodadura. Informe técnico PL-CA-IT4.
- Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). 2019b. Definición de un indicador de nivel de servicio para evaluar la asistencia en ruta. Informe técnico AI-AR-IT1.

- Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). 2019c. Definición de un indicador de nivel de servicio para evaluar los aumentos en los tiempos de viaje. Informe técnico AI-TV-IT1.
- Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). 2019d. Definición de un indicador de nivel de servicio para evaluar la atención a usuarios. Informe técnico AI-AU-IT1.
- Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). 2019e. Definición de un indicador de nivel de servicio para evaluar la gestión de cobro y facturación. Informe técnico AI-CF-IT1.
- Ulloa, F. (2012). Sistema de gestión de la supervisión del servicio de conservación de carreteras afirmadas por niveles de servicio. Tesis de Maestría en gestión y administración de la construcción. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.

Apéndice A

Regularidad longitudinal del pavimento

A.1. Parámetros técnicos para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento

A.1.1. Present Serviceability Index (PSI)

La serviciabilidad se define como la capacidad que tiene una sección específica de pavimento de soportar el tránsito vehicular bajo el estado o condición real, es una medida de la calidad del servicio que ofrece un pavimento. Fue producto de la prueba AASHO que posteriormente se incluiría al procedimiento de diseño del método AASHTO-93 (Huang, 1993).

Inicialmente la serviciabilidad fue medida por medio de una medida subjetiva realizada por un panel de usuarios, que evaluaban la forma como percibían la calidad del pavimento. Este procedimiento se denominó PSR (Present Serviceability Rating), y corresponde a una valoración que utiliza una escala de calificación que va de 5 (condición de pavimento nuevo o casi nuevo al inicio del periodo de servicio) a 0 (estado de extremo deterioro, característica del final del periodo de servicio) (AASHTO, 1962).

El PSR presentó dificultades a causa de la subjetividad del procedimiento de evaluación, reflejado en una baja reproducibilidad y repetitividad, lo que dificultó su incorporación al método de diseño (Hall y Correa, 1999).

Uno de los resultados de la prueba AASHO fue el desarrollo de una relación que permitiera pasar de una evaluación subjetiva medida en términos de PSR, a un índice objetivo llamado PSI (Present Serviceability Index). El PSI puede calcularse en base a la rugosidad caracterizada por la varianza estadística de la pendiente del perfil longitudinal (Slope Variance SV) evaluado cada 0,3048 m (1 ft) y de algunos deterioros como la profundidad de la huella, el área con presencia de agrietamiento y el área con presencia de parches (Al-Omari & Darter, 1994). Aunque PSR y PSI están cayendo en desuso, algunas agencias viales aún realizan correlaciones entre estadísticas de regularidad y valores PSI.

A.1.2. Índice de Perfil (PI)

El índice de perfil es comúnmente utilizado como un indicador de regularidad del pavimento. Si bien tradicionalmente está basado en los resultados de perfilógrafos, este también puede ser calculado del perfil generado por perfilómetros inerciales usando herramientas tales como ProVAL (Transtec, 2015). El índice de perfil es comúnmente utilizado como control de calidad de regularidad inicial en nuevos pavimentos. Los principales pasos para determinar el índice de perfil se resumen a continuación (Caltrans, 2012):

Sobre el perfilograma levantado se dibuja la línea de perfil suavizada, que es una línea continua cuyo propósito es suavizar el trazo del perfilograma, atenuando los picos y desviaciones menores provocadas por piedras, tierra y objetos extraños, como se indica en la figura A.1.1:

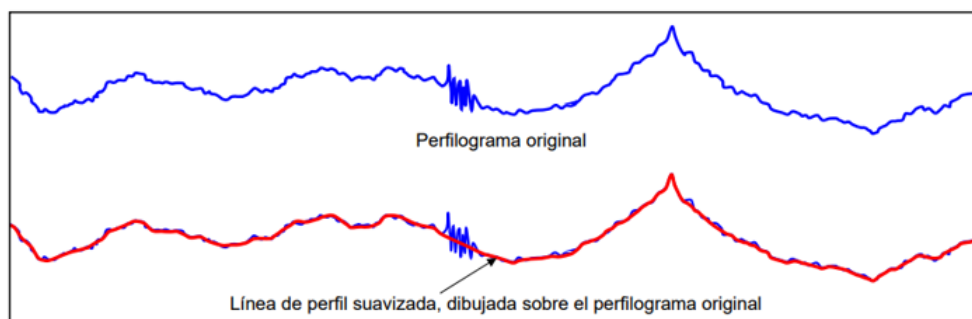


Figura A.1.1: Línea de perfil suavizada

Fuente: Caltrans (2012)

El segundo paso es colocar la "banda de supresión" sobre las medidas de perfil para eliminar la consideración de desviaciones mínimas de elevación al determinar el índice de perfil (figura A.1.2). Tradicionalmente, se utiliza una banda de 0,2 pulgadas (5 mm) de ancho. Las alturas de las desviaciones desde la línea de referencia por encima y por debajo de la banda se miden y agregan. La suma de las alturas dentro de un segmento dado representa el índice de perfil para ese segmento. La unidad de medición usual es mm/km.

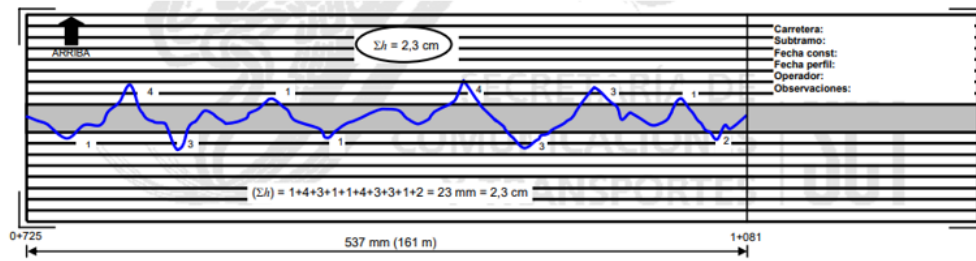


Figura A.1.2: *Procedimiento de medición de irregularidades*

Fuente: Norma M-MMP-4-07-002/06 (SCT, 2006)

Los valores de índice de perfil que indican pavimentos con regularidad aceptable varían según la agencia, y también dependen de la configuración de la banda de supresión y de la categoría de la vía. Para una banda de 0.2 in (5 mm) en un pavimento de carretera, los valores de PI aceptables suelen estar en el rango de 7 a 10 in/mi (110 a 158 mm / km).

La relevancia del índice de perfil está limitada por la frecuencia de respuesta del perfilgrafo y puede entregar resultados sesgados dependiendo de las longitudes de ondas presentes en pavimento (FHWA, 2016).

A.1.3. Ride Number (RN)

Es un índice que califica la comodidad al circular por una carretera usando una escala de 0 a 5, donde RN=5 se considera una carretera con calidad de viaje perfecta, y RN=0 es una carretera intransitable. Se obtuvo de análisis estadísticos para desarrollar transformaciones entre las mediciones del perfil longitudinal y las calificaciones subjetivas de un panel de conductores (Janoff, M. S. 1988). En definitiva, RN es una transformación no lineal del índice de perfil (PI), que se calcula a partir de datos de perfil longitudinal. RN se calcula como sigue:

$$RN = 5e^{-160PI} \quad (\text{A.1.1})$$

$$PI = \sqrt{\frac{(PI_L^2 + PI_R^2)}{2}} \quad (\text{A.1.2})$$

donde:

PI_L : Índice de Perfil en la huella izquierda ft/ft

PI_R : Índice de Perfil en la huella derecha ft/ft

Las especificaciones del Departamento de Transportes de Florida en Estados Unidos utilizan RN para indicar el nivel de regularidad presente en los pavimentos de asfálticos recién construidos (según ASTM E1489). RN, sin embargo, está muy influenciado por las diferencias en la textura, especialmente los pavimentos de graduación densa frente a los de graduación abierta (FDOT, 2011).

A.1.4. International Roughness Index (IRI)

Para unificar criterios de regularidad longitudinal en las carreteras, en 1982 se realizó en Brasil, el Proyecto “International Road Roughness Experiment” (Sayers, M. W. 1986); en el que participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En dicho proyecto se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para un número de vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. Se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad longitudinal, el cual satisface completamente criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante, denominado IRI (International Roughness Index).

Según define Sayers, M. W. 1986 : “El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS80, Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS, Reference Quarter Car Simulation), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h”.

El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático. El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI consiste en medir las cotas o elevaciones de terreno que permiten representar el perfil real de camino, a través de un sistema clasificatorio asociado a la precisión obtenido por parte del instrumento utilizado en la auscultación del camino. Estos datos son sometidos a un primer filtro, en el cual se realiza un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas para poder generar un nuevo perfil posible de ser analizado desde el punto de vista de las irregularidades que se pudieran observar. Las razones para aplicar este primer filtro se fundamentan en las siguientes razones (Badilla, G., Elizondo, F., & Barrantes, R. 2008):

- Para simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera
- Para reducir la sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo.

Para un perfil que ha sido muestreado a un intervalo Δ , un filtrado de la regularidad por media móvil se define como sigue:

$$h_{ps}(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=i}^{i+k+1} h_p(j) \tag{A.1.3}$$

$$k = \text{máx}(1, \text{rint}(L_B/\Delta)) \tag{A.1.4}$$

donde:

- h_{ps} : elevación del perfil suavizado
- h_p : elevación del perfil original
- rint : valor entero más cercano
- L_B : longitud base de la media móvil (250 mm)

Al nuevo perfil generado se le aplica un segundo filtro, el cual se consiste en la aplicación del modelo de cuarto de vehículo (figura A.1.3), a través del cual se registran las características asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar. De esta manera, el IRI se establece a partir de conceptos asociados a la mecánica vibratoria de sistemas dinámicos; que modelan de manera simplificada un vehículo como un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera mediante resortes y amortiguadores.

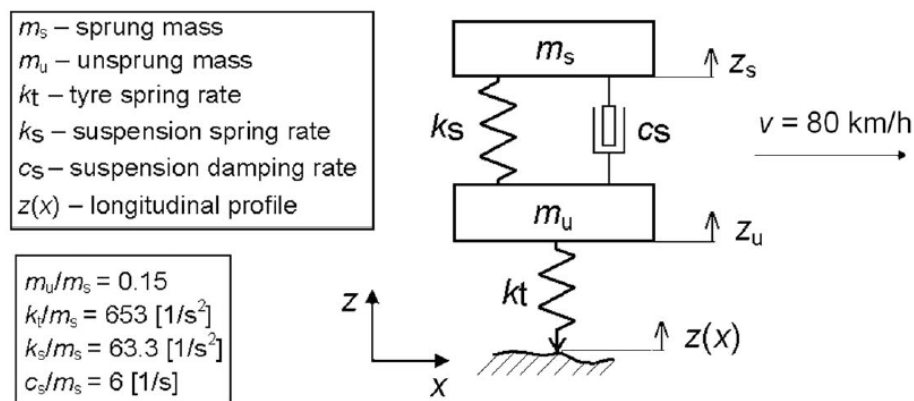


Figura A.1.3: Modelo “Quarter-Car” para el cálculo de IRI

Fuente: Múčka, P. (2017)

El modelo de simulación consta de una masa “amortiguada o suspendida” (masa de un cuarto de vehículo ideal) conectada a una masa “no amortiguada” (eje y neumático), a través de un resorte y un amortiguador lineal (suspensión), y por último el neumático es representado por otro resorte lineal.

El modelo de cuarto de vehículo emplea los parámetros de lo que se ha denominado como “Golden Car”, los cuales se muestran a continuación:

$$\mu = \frac{m_u}{m_s} = 0.15 \quad k_1 = \frac{k_t}{m_s} = 653 \quad k_2 = \frac{k_s}{m_s} = 63.3 \quad c = \frac{c_s}{m_s} = 6 \quad (\text{A.1.5})$$

donde:

- k_s : constante del resorte de la suspensión
- k_t : constante del resorte del neumático
- m_s : masa suspendida
- m_u : masa no suspendida
- c_s : amortiguador

Los movimientos sobre el perfil de la carretera están asociados a desplazamientos verticales, velocidad y aceleración de masas, quedando todo el sistema regido por la segunda Ley de Newton ($\vec{F} = m\vec{a}$).

El modelo del cuarto de vehículo está descrito por 4 ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, que pueden ser escritas en forma de matriz como sigue:

$$\dot{x} = Ax + Bh_{ps} \quad (\text{A.1.6})$$

Donde las matrices x , A , y B se definen como sigue:

$$x = [z_s \quad \dot{z}_s \quad z_u \quad \dot{z}_u]^T \quad (\text{A.1.7})$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -k_2 & -c & k_2 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k_2}{\mu} & \frac{c}{\mu} & -\frac{k_1+k_2}{\mu} & -\frac{c}{\mu} \end{bmatrix} \quad (\text{A.1.8})$$

$$B = [0 \ 0 \ 0 \ \frac{k_1}{\mu}]^T \quad (\text{A.1.9})$$

donde:

- z_s : elevación (coordenada vertical) de la masa suspendida
- z_u : elevación (coordenada vertical) de la masa no suspendida
- x : matriz de las variables de estado

Las derivadas con respecto al tiempo se indican con un punto (por ejemplo, \dot{z}_s).

El IRI es la acumulación del movimiento simulado entre la masa suspendida y la masa no suspendida en el modelo del cuarto de vehículo, normalizado por la longitud L del perfil:

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^T |\dot{z}_s - \dot{z}_u| dt \quad (\text{A.1.10})$$

El tiempo (T) está relacionado con la distancia longitudinal (L) y la velocidad de simulación ($v = 80 \text{ km/h}$), a través de la relación $T = \frac{L}{v}$. La solución del set de ecuaciones A.1.6 está dada en Sayers et al. (1986).

A.1.5. Mean Roughness Index (MRI) – Half Car Roughness Index (HRI)

Dos indicadores basados en mediciones de IRI son usados por algunas agencias viales en Estados Unidos: Mean Roughness Index (MRI) – Half Car Roughness Index (HRI). Estrictamente hablando, el IRI refleja un único perfil medido en una de las huellas (a menudo el de la rueda derecha). Sin embargo algunas agencias viales recolectan valores de IRI en ambas huellas (izquierda y derecha) y el promedio de los resultados es reportado como MRI.

HRI, por otro lado, es un modelo utilizado para calcular el promedio de dos perfiles (trayectorias de rueda izquierda y derecha). La respuesta del modelo de medio automóvil se calcula utilizando las mismas ecuaciones fundamentales utilizadas en el modelo de cuarto de automóvil (figura A.1.4). El perfil promedio de ambas trayectorias se utiliza como entrada para el modelo de cuarto de automóvil para calcular el HRI, a diferencia del perfil de cada trayectoria de rueda individual. La principal desventaja del modelo de medio automóvil es que las mediciones de perfil de las trayectorias de las ruedas izquierda y derecha deben estar perfectamente sincronizadas para obtener resultados precisos. Sin embargo, para los perfilómetros que miden ambas trayectorias de las ruedas al mismo tiempo, esto normalmente no es un problema (Sayers & Karamihas, 1998). El HRI generalmente da como resultado valores inferiores a los informados para IRI o MRI.

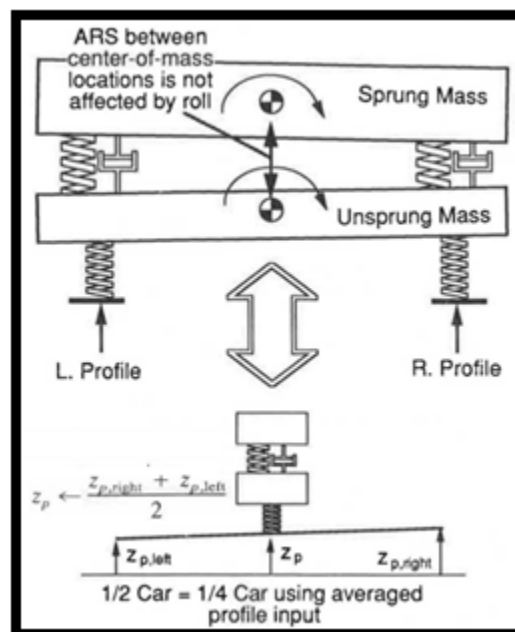


Figura A.1.4: Modelo “Half Car”.

Fuente: Sayers, M. W. 1989.

Existen varios estudios que investigan la relación entre MRI, HRI e IRI (Sayers 1989; Smith, Titus-Glover, and Evans 2002; Gagarin, Mekemson, and Nemmers 2006; Karamihas and Senn 2012), y muestran que alguna correlación estadística puede ser desarrollada entre varios indicadores de regularidad tales como IP, IRI, MRI, y HRI. Estas correlaciones son específicas para cada estudio y dependen de factores tales como tipo de pavimento, características del equipo, enfoques estadísticos utilizados, etc. Si bien estas correlaciones pueden ser usadas para obtener una idea aproximada de la relación entre indicadores de regularidad, ninguna de ellas debería ser usada para desarrollar especificaciones o reportes formales (FHWA, 2016).

A.1.6. Truck Ride Index (TRI)

TRI fue desarrollado por Prem et al. (2000) y es un índice de regularidad basado en el perfil longitudinal del pavimento, que simula las vibraciones verticales experimentadas por un conductor y los ocupantes de un vehículo pesado. TRI se calcula como la raíz de la media de la aceleración cuadrática ponderada por frecuencia, medida en la interfaz asiento-conductor. La ponderación por frecuencia es la estipulada por la norma ISO 2631-1.

TRI es obtenido por el procesamiento del perfil de datos de elevación a través de un modelo de cuarto de camión de 2 grados de libertad, ampliado por un modelo de 1 grado de libertad del asiento suspendido con un conductor. Los parámetros del modelo de cuarto de camión, corresponden a las propiedades de la suspensión delantera de un vehículo pesado tipo. El modelo utiliza una velocidad de 100 km/h.

A.1.7. Profile Index for Truck (PI_t)

Una encuesta de evaluación subjetiva fue llevada a cabo para identificar las características de regularidad longitudinal que principalmente influyen en la percepción de comodidad de conductores de vehículos pesados (Hassan & McManus, 2003). Los resultados indicaron que los conductores objetaron las vibraciones de baja frecuencia excitadas por las longitudes de onda en el intervalo 4.88-19.5 m. El contenido de regularidad en esta banda se utiliza para establecer el PI_t (Profile Index for Truck). Los conductores consideraron como condición pobre cuando el PI_t excede 2.75 m/km. Se determinó que el PI_t provee mejores predicciones, de las vibraciones del cuerpo transmitadas al conductor en los vehículos pesados, que el IRI.

A.1.8. Pavement Quality Index (PQI)

Reza et al. (2005) presentaron el desarrollo de un nuevo índice de desempeño que incorpora aspectos de la comodidad del viaje junto con deterioros superficiales, para la posible adopción en el Departamento de Transportes de Ohio. El índice propuesto es el Pavement Quality Index (PQI), el que no requiere nuevas mediciones o métodos, sino que simplemente utiliza procedimientos que ya están bien establecidos en Ohio. PQI incorpora el Pavement Condition Rating (PCR) que refleja los deterioros superficiales y el IRI, según la ecuación A.1.11.

$$PQI = PCR - a \cdot IRI^b \quad (\text{A.1.11})$$

A.1.9. Heavy Articulated Truck Index (HATI)

Es un índice basado en la medición del perfil longitudinal del pavimento, que destaca las secciones que proveen una experiencia de viaje pobre a los ocupantes de camiones articulados pesados (Hassan et al. 2006).

HATI se genera a partir de cuatro etapas de análisis como sigue:

- El perfil de cada huella es suavizado a través de una media móvil de 250 mm.
- El perfil suavizado se filtra con el modelo de cuarto de camión desarrollado para TRI.
- Cada perfil es procesado con un PI, calculado según la ecuación A.1.12:

$$PI = \left[\frac{1}{N} \sum_1^N |F_i|^p \right]^{1/p} \quad (\text{A.1.12})$$

Donde PI es el índice de resumen de cada huella i calculado a partir del perfil filtrado; F_i es el perfil filtrado de la huella i ; N es el número de puntos medidos; p es el exponente acumulador normalmente establecido en 2.

- HATI es calculado como el promedio del valor de PI de ambas huellas (PI_L para huella izquierda y PI_R para huella derecha), según la ecuación A.1.13 y tiene unidades de m/km.

$$HATI = \sqrt{\frac{(PI_L)^2 + (PI_R)^2}{2}} \quad (\text{A.1.13})$$

HATI representa la respuesta vertical acumulada (movimiento relativo de la suspensión) de un modelo de cuarto de camión a la medición de la superficie del pavimento en el rango de frecuencias que afecta la comodidad de los ocupantes de vehículos pesados a una velocidad de 100 km/h. HATI fue visto como un medida mejorada al compararlo con el IRI y el TRI, un trabajo significativo ha establecido vínculos entre la medida de HATI y la evaluación subjetiva de la comodidad de viaje de conductores de vehículos pesados. HATI es mejor que otras medidas en destacar secciones con características que excitan las respuestas verticales, laterales, longitudinales y rotacionales del cuerpo de un vehículo pesado articulado. Secciones con valores de HATI mayores que el umbral tienen altos contenidos de longitudes de onda entre 5 y 20 m.

A.1.10. Vehicle Response Index (VRI)

Loizos & Plati (2008) propusieron un índice alternativo al IRI, denominado Vehicle Response Index (VRI), el que involucra una velocidad variable. El algoritmo de VRI usa el modelo de vehículo del IRI y calcula el valor RMS del movimiento relativo de la suspensión del vehículo en un rango de longitud de onda de 0.5 a 50 m.

A.2. Equipos para medir la regularidad longitudinal del pavimento

A.2.1. Nivel y mira topográfica

La medición realizada utilizando mira y nivel proporciona un perfil altamente preciso (submilimétrico) de la carretera, a menudo denominado "perfil verdadero" porque puede proporcionar calibración para otros sistemas. Estándares de este tipo se encuentran en ASTM E1364 - 95 (2017) "Standard Test Method for Measuring Road Roughness by Static Level Method". El nivel proporciona la elevación de la carretera, mientras que la altura es determinada por la lectura de la mira relativa a la elevación de referencia (Sayers & Karamihas 1998), tal como se muestra en la figura A.2.1 .

Las mediciones de distancia también se registran para cada lectura de la mira. Al establecer las medidas de altura, la distancia medida producirá un perfil para la sección de la carretera. Las lecturas deben obtenerse a una distancia máxima de 1 ft (0.3 m) entre lecturas a lo largo de la sección de prueba (Sayers & Karamihas 1998). Los datos recopilados no proporcionan una evaluación exhaustiva de la carretera si las lecturas se toman a intervalos de más de 1 ft (0,3 m) (Karamihas, S. M. 2005). Si bien este método produce datos precisos, las mediciones manuales demandan mucho tiempo y requieren cierres de pistas. Dado que solo se puede medir una huella de rueda a la vez, aumenta aún más el tiempo total y existen mayores preocupaciones de seguridad.

La resolución del equipo topográfico requerido depende de la regularidad del pavimento, llegando incluso a 0.125 mm (ASTM E1364). Dado que los equipos topográficos típicos utilizados rutinariamente no tienen la precisión requerida necesaria para este proceso, se agregan costos adicionales significativos (Karamihas, S. M. 2005).

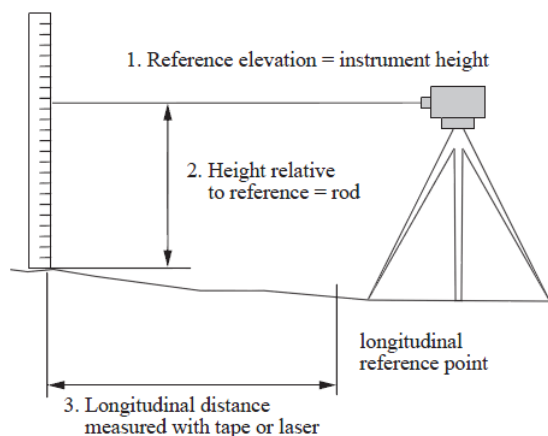


Figura A.2.1: *Mira y nivel*

Fuente: FHWA 2016

A.2.2. Perfilógrafos

Los perfilógrafos han estado disponibles durante muchos años y han existido en una variedad de formas, configuraciones y marcas. (Figura A.2.2):



Figura A.2.2: *Perfilógrafo California*

Fuente: Surface Systems and Instruments

Los perfilógrafos tienen una rueda sensible, montada al centro del marco para mantener el movimiento vertical libre. La desviación de un plano de referencia, establecido por el marco del perfilógrafo, se registra (automáticamente en algunos modelos) en papel según el movimiento de la rueda sensible. Los perfilógrafos pueden calcular desviaciones muy ligeras de la superficie y ondulaciones.

Los perfilógrafos son aparatos relativamente baratos, simples de manejar y mantener, y proveen un perfil de la superficie analizada que los usuarios fácilmente pueden entender. Son operados manualmente por una sola persona, a la velocidad normal de caminata; por esta razón no se usan para obtener la regularidad de una red de carreteras, labor que requiere de alta velocidad.

Su principal uso ha sido en el control de calidad de construcciones, en los cuales se realizan recheques de los nuevos tramos de pavimentos con defectos y verificar su corrección. Son también muy apropiados para examinar losas de puentes, así como para aquellos trabajos que requieren solo una distancia corta de perfil.

Además de tener un bajo rendimiento, es necesario realizar cierre de pistas para su medición y requieren, por consiguiente, de un equipo de señalización. Aunque aún se utilizan los perfilógrafos, se quedan obsoletos con la infinidad de aplicaciones que tiene equipos muy complejos y de alto rendimiento que se presentan más adelante.

A.2.3. MERLIN

El perfilómetro estático MERLIN fue diseñado y desarrollado por el TRRL (Transport and Road Research Laboratory), para evaluar las condiciones de rugosidad de un pavimento y ser utilizado en países en vías de desarrollo; resaltando las siguientes características: bajo costo, fácil construcción, calibración, uso y mantenimiento.

El perfilómetro MERLIN basa su funcionamiento en determinar la desviación del terreno frente a una cuerda definida entre 2 puntos ubicados antes y después del punto de medición (Álvarez, S., & Rivero, R. 2012). Para ello, el MERLIN utiliza un patín en contacto con el piso en el punto de medición, tal como se muestra en Figura A.2.3, el cual permite encontrar la desviación del terreno respecto a la cuerda, definida por los puntos de apoyo del soporte posterior y la rueda anterior. El patín se encuentra adosado a un brazo pivotado de tal forma que en el otro extremo se amplifica el desplazamiento 10 veces, de manera tal que pueda ser leído en una escala colocada sobre un cuadrante. Dicha escala está constituida, como indica la TRRL, por 50 graduaciones separadas en 5 mm. Así entonces, este arreglo puede resolver hasta 0,5 mm de desviación del terreno con un rango dinámico de 25 mm de amplitud y que contiene a la desviación cero.

Para determinar la rugosidad de pavimento se usa la distribución de frecuencias de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio establecida entre el punto de apoyo de la rueda y del pie posterior, los cuales están separados por 1.80 m. Para obtener una medida significativa, el método del MERLIN requiere la determinación de 200 muestras de desviaciones (con respecto de la cuerda promedio), cada una ellas separadas a intervalos constantes de 2 m a lo largo de un tramo de 400 m de la vía. Definiendo el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 muestras, se puede obtener una medida de la dispersión del perfil de la vía y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad. Por definición la medida de la dispersión es el rango de la muestra (designado por D) que se determina después de eliminar el 10 % de las mediciones (10 datos en cada extremo del histograma). El valor D es conocido como la rugosidad en unidades “MERLIN” (Cundill, 1996).

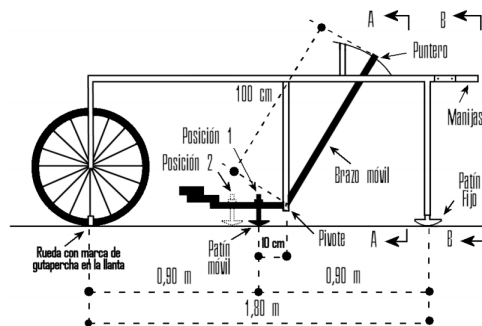


Figura A.2.3: Diagrama del perfilómetro estático MERLIN

Fuente: Álvarez, S., & Rivero, R. (2012)

A.2.4. Equipos tipo respuesta

Consiste en un vehículo donde se instalan instrumentos para medir la respuesta de éste en relación al desplazamiento del cuerpo del vehículo con respecto al eje, o la aceleración vertical del mismo, la figura A.2.4 muestra el funcionamiento de estos aparatos. Entregan en general unidades de medida de pendiente, como m/km lo cual corresponde al movimiento acumulado de la suspensión dividido por la distancia recorrida (Gillespie, T. D. 1992).

Debido a su costo relativamente bajo, fueron ampliamente usados a partir de 1970 para obtener datos de una red de carreteras. Han sido reemplazados gradualmente por los perfilómetros (Shahin, M. Y. 1994).

Presentan la dificultad de ser extremadamente dependientes de las variables que influyen la respuesta de cada equipo, tales como la carga del vehículo, la velocidad de operación, características de la suspensión, presión de neumático y el tipo y deterioro del vehículo. Por lo que deben ser calibrados frecuentemente.

Aun cuando el vehículo sea estandarizado, siguen existiendo diferencias entre ellos, provocando que las mediciones no sean transportables, es decir, difícilmente un aparato puede reproducir las mediciones hechas por otro. Además, sus propiedades no son estables en el tiempo, haciendo imposible comparar mediciones actuales con mediciones anteriores (Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. 1998)

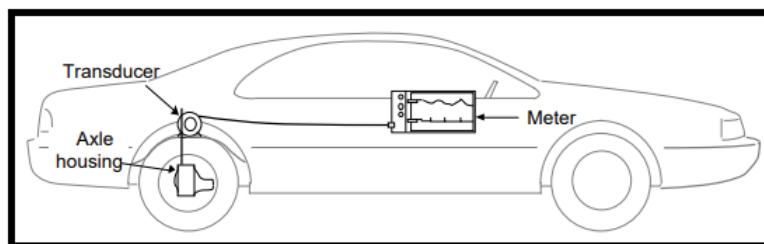


Figura A.2.4: *Sistema tipo respuesta*

Fuente: Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. (1998)

A.2.5. Perfilómetros inerciales

Los equipos más sofisticados para medir el perfil de una carretera son los que utilizan los sistemas de referencia inerciales (FHWA 2016). Estos equipos incluyen:

- Acelerómetro para medir el movimiento del vehículo
- Sensores sin contacto (comúnmente láser) para medir el desplazamiento relativo entre el vehículo y la superficie de la carretera a intervalos fijos a lo largo del pavimento.
- Un dispositivo para registrar la distancia a lo largo de la carretera.

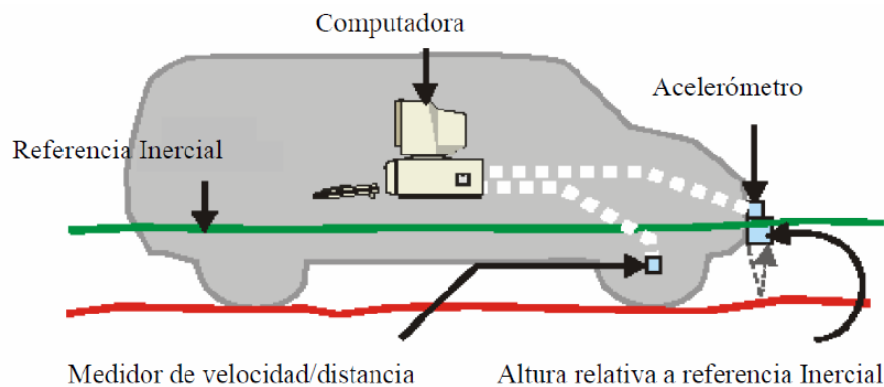


Figura A.2.5: *Componentes del perfilómetro inercial*

Fuente: Surface Systems and Instruments

Estos equipos combinan la señal de un sensor láser que mide la distancia vertical al pavimento, con la señal de un acelerómetro, que mediante una doble integración permite conocer el desplazamiento vertical del sensor láser mientras este mide. Ambas señales se combinan generando una medición precisa de la distancia (figura A.2.6):

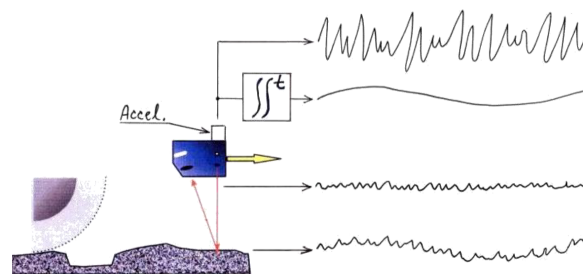


Figura A.2.6: *Esquema de Operación del Sensor Láser y el Acelerómetro en un Perfilómetro inercial*

Fuente: Anders Sørensen

Hay dos tipos de perfilómetros inerciales:

A.2.5.1. Perfilómetros inerciales de alta velocidad.

Estos dispositivos son de alta precisión y exactitud. Son usados por las agencias viales para medir la rugosidad del pavimento a nivel de red. El equipo de medición es montado en la parte frontal o trasera del vehículo de recolección de datos y las mediciones son registradas a la velocidad señalizada en carretera (figura A.2.7). Adicionalmente a la recolección de datos de rugosidad del pavimento, los equipos modernos de uso hoy en día también recolectan otros datos como videos de la carretera, imágenes de la superficie del pavimento (para permitir inspecciones de condiciones del pavimento), inventario de señalética, etc.



Figura A.2.7: *Perfilómetro inercial de alta velocidad*

Fuente: Surface Systems and Instruments

Una de sus desventajas es que, en general, los equipos no tienen la capacidad de recolectar datos a bajas velocidades (áreas urbanas).

A.2.5.2. Perfilómetros inerciales livianos

Este tipo de perfilómetros emplean las mismas tecnologías utilizadas en los sistemas de alta velocidad, pero en un vehículo más pequeño y liviano (figura A.2.8), haciendo ideal para verificar la construcción de nuevos pavimentos, y particularmente pavimentos de hormigón recién construidos que aún no han alcanzado la resistencia suficiente para soportar la carga de tráfico normal.



Figura A.2.8: *Perfilómetro inercial liviano*

Fuente: Surface Systems and Instruments

A.2.6. Perfilómetro pivotante (Dipstick)

El perfilómetro pivotante, también llamado Dipstick (Digital Incremental Profiler), es un equipo electrónico de alta precisión, para la evaluación de la regularidad en las superficies de rodadura de las carreteras. Este aparato consiste en un inclinómetro sostenido entre dos apoyos, los cuales registran la elevación de un apoyo relativo a la elevación del otro. El operador conduce el Dipstick sobre una sección de pavimento previamente marcada (figura A.2.9), rotando el instrumento alternadamente sobre cada apoyo (figura A.2.10) . Sirve para mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos. Entre sus limitaciones se encuentra que es poco práctico (rendimiento del orden de 200 m/h), por lo que se asocian costos elevados para proyectos largos.

Algunas normativas de referencia son:

- ASTM E2133 - 03(2013) Standard Test Method for Using a Rolling Inclinometer to Measure Longitudinal and Transverse Profiles of a Traveled Surface
- AASHTO R 41-05 (2015) Standard Practice for Measuring Pavement Profile Using a Dipstick
- NLT -331 Medida de la regularidad superficial con un perfilómetro pivotante de alta precisión

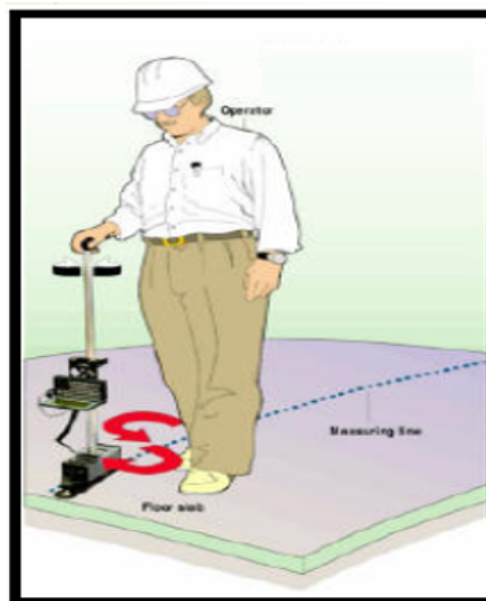


Figura A.2.9: *Equipo dipstick*

Fuente: Surface Systems and Instruments

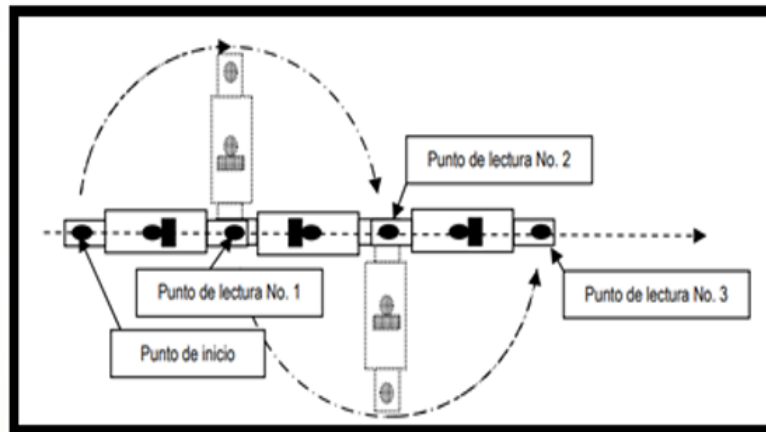


Figura A.2.10: *Operación de equipo Dipstick*

Fuente: Surface Systems and Instruments

A.2.7. Walking Profiler

Es un equipo de alta precisión basado en la medida de distancias por medio de acelerómetros inerciales, preparado para registrar los perfiles longitudinales de las carreteras, o en todo caso el perfil longitudinal de cualquier superficie que se desee medir. La portabilidad del equipo, permite que las mediciones se realicen a paso de caminata, puesto que el dispositivo solo requiere ser empujado por una persona para que vaya acumulando información en función a su desplazamiento (figura A.2.11). En la actualidad existen versiones que integran una computadora portátil al dispositivo a fin de realizar los procesamientos en terreno.

Ventajas:

- Mediciones precisas de altura, pendiente y nivel reales de perfiles
- Herramienta de referencia para calibrar y evaluar perfilómetros de gran velocidad
- Resultados son desplegados instantáneamente en el equipo
- Adecuado para un gran número de superficies, incluyendo pavimentos, senderos, campos de aviación, pistas, bloques de construcción, superficies deportivas, puentes y estacionamientos.

Desventajas:

- No es adecuado para recolección de datos a gran escala



Figura A.2.11: Operación de equipo Walking Profiler

Fuente: ARRB Group

A.2.8. Medición de regularidad en tiempo real (solo para pavimentos de hormigón)

Una nueva y emergente tecnología es la medición de la regularidad en pavimentos de hormigón inmediatamente detrás de la pavimentadora (Rasmussen et al., 2013). Con las mediciones realizadas las operaciones de pavimentación se pueden ajustar sobre la marcha. Las desviaciones se detectan en tiempo real (figura A.2.12) y las correcciones se realizan de tal manera que la superficie final del hormigón endurecido no requiera nuevas operaciones para lograr los requisitos de regularidad. Esto aborda una preocupación asociada con la medición del perfil del pavimento de hormigón convencional, en que la identificación de problemas vinculados a la rugosidad no se obtiene sino hasta después de la construcción, por lo que pueden requerirse acciones correctivas sustanciales sobre una porción significativa de pavimento.

Algunas de las funciones que desempeña un equipo para medir la regularidad en tiempo real son (GOMACO):

- Proporciona datos inmediatos para realizar ajustes sobre la marcha, si es necesario, para garantizar los máximos resultados de uniformidad.
- Entrega una visualización gráfica inmediata de la regularidad de la superficie.
- Localiza irregularidades (rugosidad localizada) en la losa de hormigón, que deben corregirse y registra esa ubicación mediante el uso de un codificador de seguimiento de distancia.
- La superficie de hormigón puede repararse mientras está en estado plástico.
- Se pueden ver las lecturas de regularidad antes de realizar los cortes de juntas.
- Los datos recopilados se utilizan para generar índices de regularidad conocidos (IRI u otros).
- La visualización de la regularidad de la superficie incluye la referencia de metraje desde la estación de inicio, la información del trabajo, la ubicación de rugosidad localizada y los índices de regularidad.
- Para controlar la rugosidad, se puede configurar una alarma con parámetros definidos para cada proyecto. Si se detecta zonas con rugosidad localizada que está fuera de los parámetros, se muestra una advertencia con la ubicación exacta

Estos sistemas perfilométricos emplean sensores sin contacto, utilizado en una configuración independiente (figura derecha) o unido a la pavimentadora (figura izquierda) para proporcionar mediciones en tiempo real directamente detrás de la pavimentadora.



Figura A.2.12: *Equipo para medir en tiempo real la regularidad en pavimentos de hormigón.*

Fuente: GOMACO

Por último, se debe enfatizar que estas tecnologías no son un reemplazo de los perfilómetros convencionales para garantizar la calidad (aceptación), ya que es una tecnología emergente que ayuda a los contratistas a obtener pavimentos con mejor regularidad longitudinal pero la validación final para garantizar la calidad se ejecuta una vez endurecido el hormigón utilizando perfilómetros inerciales tradicionales.

A.2.9. Revisión de normativa internacional de equipos de medición

A.2.9.1. Banco Mundial

El Banco Mundial (Sayers, 1986) presenta una clasificación para los diferentes métodos perfilométricos, de acuerdo con el intervalo longitudinal de almacenamiento de datos y la resolución de la medición vertical, los cuales se agrupan en 4 clases. Como se presenta en la sección 3.3.3, los equipos utilizados para medir el IRI en carreteras concesionadas de Chile, deben ser de Clase 1 (A.2.9.1.1).

A.2.9.1.1. Clase 1: Perfiles de precisión

Esta clase representa el más alto estándar de exactitud para medir el IRI. Un método clase 1 requiere que el perfil longitudinal de una huella sea medido (como una serie de puntos de elevación equidistantes) como base para calcular el valor de IRI. Para método estáticos, el perfil longitudinal se debe medir en intervalos no mayores a 250 mm (4 mediciones/metro) y la precisión en la elevación debe ser de 0.5 mm en pavimentos con IRI entre 1.0 y 3.0 m/km, pudiendo ser de 1.0 mm en pavimentos con IRI entre 3.0 y 5.0 m/km.

Los perfilómetros de alta velocidad deben ser validados contra un método como el de mira y nivel, para probar su exactitud.

En la figura A.2.13 se muestra la escala de medición definida en el estudio desarrollado por el Banco Mundial, en la cual se describen las características del pavimento dependiendo del valor de IRI (Sayers, 1986). Dicha figura presenta, de manera general, el amplio rango de valores de IRI posibles de obtener.

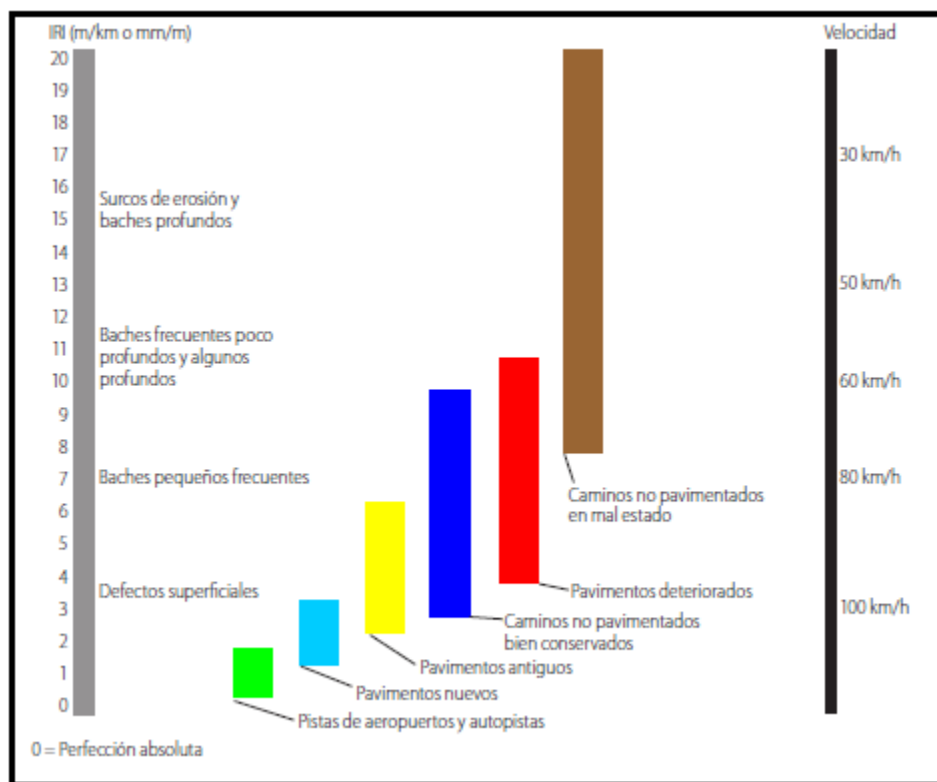


Figura A.2.13: Escala de valores de IRI

Fuente: Adaptado de Sayers (1986)

A.2.9.1.2. Clase 2: Otros métodos perfilométricos

Esta clase incluye otros métodos en los que el perfil se mide como base para el cálculo del IRI, pero que no poseen la precisión requerida para una medida de Clase 1. El perfil longitudinal se debe medir en intervalos no mayores a 500 mm y una precisión en la medición de la elevación comprendida entre 1.0 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y 1.5 mm para pavimentos con valores de IRI entre 3.0 y 5.0 m/km.

A.2.9.1.3. Clase 3: IRI estimado a partir de ecuaciones de correlación

Las medidas de regularidad longitudinal se obtienen con sistemas de tipo respuesta (RTRRMS, sección A.2.4). Las medidas obtenidas con los aparatos de este tipo dependen fuertemente de las características dinámicas de cada vehículo. Por tanto es necesario transformar las medidas recogidas por estos sistemas para poder obtener coeficientes comparables con el IRI. Así, los valores obtenidos por los RTRRMS deben ser corregidos y convertidos a la escala IRI, mediante ecuaciones de correlación que se consiguen calibrando experimentalmente cada uno de los aparatos con alguno de los sistemas de las clases 1 o 2. Además, como las características mecánicas de los vehículos

varían muy fácilmente, es necesario mantener controles muy rigurosos tanto en el uso del vehículo como en su mantenimiento. Cuando se observan cambios importantes, todo el sistema se debe recalibrar.

A.2.9.1.4. Clase 4: Evaluación subjetiva y equipos no calibrados.

En ocasiones, por condicionamientos económicos o de otro tipo, solo se necesita conocer aproximadamente el estado de la regularidad longitudinal del pavimento. A pesar de ello, es deseable relacionar la medida de la regularidad longitudinal a la escala de IRI. En estos casos se puede utilizar un aparato tipo respuesta sin calibrar que puede estimar el estado de la carretera, o bien, se puede valorar mediante las sensaciones de comodidad y seguridad que experimenta una persona experta en la materia al circular por la carretera. La conversión de estas observaciones a la escala IRI, se limitan a una equivalencia aproximada.

A.2.9.2. Norma ASTM E-950

Este procedimiento de ensayo abarca la medición y almacenamiento del perfil de la superficie evaluada, con una referencia inercial establecida con los acelerómetros presentes en el vehículo de medición.

A continuación se presenta un resumen con las principales requerimientos de esta norma:

A.2.9.2.1. Equipo

- Si se van a medir dos huellas simultáneamente, la separación entre los láseres debe estar entre 1.5 y 1.8 m (58 a 71 in). Además, se debe incluir un set de bloques para calibrar y validar la operación estática de los láseres.
- El rango de los acelerómetros debe ser lo suficientemente amplio para acomodar los niveles de aceleración esperados de los movimientos o saltos del vehículo de medición. Su rango mínimo debería de ser ± 1 g.
- En la tabla A.2.1 se establecen requerimientos dependiendo de la clase de equipo:

Tabla A.2.1: *Requerimientos de muestreo longitudinal y resolución vertical según ASTM E950*

Clasificación del equipo	Intervalos de muestreo longitudinal de datos	Resolución de mediciones verticales
Clase 1	Menor o igual a 25 mm [1 in.]	Menor o igual a 0.1 mm [0.005 in.]
Clase 2	Entre 25 mm [1 in.] a 150 mm [6 in.]	Entre 0.1 mm [0.005 in.] a 0.2 mm [0.010 in.]
Clase 3	Entre 150 mm [6 in.] a 300 mm [12 in.]	Entre 0.2 mm [0.010 in.] a 0.5 mm [0.020 in.]
Clase 4	Mayor que 300 mm [12 in.]	Mayor que 0.5 mm [0.020 in.]

- El dispositivo que se utiliza para medir distancia, lo debe hacer a intervalos que cumplan con lo establecido en la tabla A.2.1. Este dispositivo se debe calibrar.
- Marcas de ubicación. Cuando se requiere un punto de inicio o fin muy exacto, se puede colocar marcas para que el equipo las detecte automáticamente.

A.2.9.2.2. Calibración

Es importante que los equipos de medición cumplan con las recomendaciones de calibración que brinda cada empresa fabricante.

- Acelerómetros. Deben tener un procedimiento de calibración interno o externo.
- Láser. Deben ser estáticamente calibrados con un bloque o set que tenga una medida exacta, de al menos 25 mm y que cumpla con los requerimientos de la clase (tabla A.2.1).
- Medidor de distancia. Este medidor se debe calibrar midiendo una distancia predeterminada en línea recta (similar al método dado en ASTM F457). Esta distancia debe ser lo suficientemente larga para determinar diferencias significativas entre la medida que se va a realizar y la distancia actual predeterminada. Un error mayor al 0.1 % de la distancia actual no debe ser aceptado.

A.2.9.2.3. Procedimiento de medición

- Encender el equipo. Dar un tiempo prudencial para que los sistemas se estabilicen. Realizar los chequeos de calibración al iniciar la jornada de trabajo y las indicaciones del fabricante.
- Evitar tomar mediciones a velocidades inferiores a 25 km/h, ya que la calidad de las longitudes de onda contenidas en el perfil se puede ver afectadas y se demanda mayor resolución en los acelerómetros. En casos especiales donde el efecto en las longitudes de onda no sea importante, por ejemplo calles rugosas o cruces líneas férreas, la velocidad se puede disminuir hasta 7.2 km/h.
- Evitar cambios repentinos de velocidad para minimizar aceleraciones no deseadas.
- El equipo debe adquirir la velocidad de medición antes de iniciar el almacenamiento de datos, para lo cual se recomienda una distancia de aproximadamente 150 m.

A.2.9.2.4. Precisión

La precisión en un perfil del pavimento se expresa como el promedio de todas las desviaciones estándar de los valores observados en puntos específicos a lo largo del perfil de carretera medido:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_j)^2}{n - 1}} \quad (\text{A.2.1})$$

$$\text{Precisión} = \frac{\sum_{j=1}^m S_j}{m} \quad (\text{A.2.2})$$

donde:

- x_{ji} : elevación del punto j en el perfil i
- n : número de perfiles
- m : número de puntos que posee el perfil
- S_j : desviación estándar del punto j

Para hacer esto, se necesita tener las siguientes variables fijas y con los valores que a continuación se presentan:

- Longitud del tramo: 320 m (1056 ft)
- Puntos de medición: 1057, considerando un intervalo de medición de 0.3 m (1 ft)
- Número de mediciones: al menos 10 veces

Se deben controlar al máximo, las variables independientes que afectan las mediciones:

- Seleccionar un tramo con poca variación en su perfil transversal
- Pasar las 10 veces por la misma posición (centrado en la huella)
- Se pueden utilizar marcas automáticas para definir el punto de inicio (detección magnética, fotocélulas).

En la Tabla A.2.2 se presentan los valores máximos que se deben cumplir en cuanto a precisión según la clase del equipo:

Tabla A.2.2: *Requerimientos de precisión según ASTM E950*

Clasificación del equipo	Precisión
1	0.38 mm [0.015 in]
2	0.76 mm [0.030 in]
3	2.50 mm [0.100 in]

A.2.9.2.5. Sesgo

El sesgo se refiere a la diferencia entre el valor promedio de varias repeticiones de medición de perfil en un mismo punto del tramo evaluado y el valor de referencia para ese mismo punto. Este valor de referencia se puede obtener por ejemplo por el método de “mira y nivel” (ASTM E1364). Para obtener este valor de referencia, se puede repetir el ensayo las veces que sean necesarias para obtener un valor de referencia en cada ubicación con su respectiva desviación estándar.

El sesgo total se calcula como la sumatoria en valor absoluto de cada uno de los “sesgos” calculados en cada punto a lo largo del tramo de medición, dividido entre el número específico de puntos.

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ji}}{n} \quad (\text{A.2.3})$$

$$Se_j = |C_{ref} - A_j| \quad (\text{A.2.4})$$

$$Sesgo = \frac{\sum_{j=1}^m Se_j}{m} \quad (\text{A.2.5})$$

donde:

C_{ji} : elevación del punto j en el perfil i

n : número de perfiles

A_j : valor promedio de elevación medida en el punto j

C_{ref} : elevación del punto j en el perfil de referencia

Se_j : sesgo del punto j

m : número de puntos que posee el perfil

En la Tabla A.2.3 se presentan los valores máximos que se deben cumplir en cuanto a exactitud según la clase del equipo:

Tabla A.2.3: *Requerimientos de exactitud según ASTM E950*

Clasificación del equipo	Exactitud
1	1.25 mm [0.050 in]
2	2.50 mm [0.100 in]
3	6.25 mm [0.250 in]

A.2.9.3. Norma Tex-1001-S

Este procedimiento abarca la operación de perfilómetros inerciales y la evaluación de perfiles de pavimentos. A continuación se presenta un resumen con los principales requerimientos de esta norma:

A.2.9.3.1. Calibración

- Horizontal. Antes de proceder a realizar las pruebas de certificación del perfilómetro, debe calibrarse el dispositivo medidor de distancia, para verificar y ajustar la medición de la distancia longitudinal. Con esta finalidad el perfilómetro debe recorrer una sección de al menos 161 m (528 ft) y para ser aceptado según la norma Tex-1001-S, debe registrar la distancia medida dentro de un rango de 0.1 % de la distancia real.
- Vertical. La verificación del funcionamiento de los sensores también se realiza para la medición de las elevaciones. Primero se coloca una placa base de espesor conocido debajo del láser y se realiza una medición con el perfilómetro la cual es utilizada como referencia. Luego se coloca una placa de 25.4 mm arriba (1 in) de la placa base y se realiza una segunda medición. Finalmente, se retira la placa de 25.4 mm (1 in) y la medición debe regresar a su lectura inicial dentro de 0.0254 mm (0.01 in), en caso contrario se debe intervenir o reemplazar el láser (generalmente los láser son intervenidos únicamente por el mismo fabricante).

A.2.9.3.2. Procedimiento

- Se debe operar el perfilómetro inercial a una velocidad constante de 19.3 km/h (12 mph) o más cuando se mida el perfil del pavimento. Si no se mantiene esta velocidad mínima, el subsistema de referencia inercial se "inclinará"; por lo tanto, las elevaciones del perfil del pavimento no serán utilizables. Se debe volver a medir cualquier segmento de pavimento donde la velocidad de operación promedio por 0.1 millas es menor a 12 mph.
- Si el perfilómetro inercial es capaz de medir perfiles de ambas huellas en una sola pasada, entonces el espaciamiento de las huella debe ser 173 cm (69 in).
- La ubicación del perfil normalmente se encontrará a 91 cm (3 ft) de distancia y paralelo al borde de la pista.

A.2.9.3.3. Precisión

La precisión representa el grado de repetitividad de las mediciones realizadas con el perfilómetro. Para evaluar la precisión se verifican las mediciones del perfil vertical y también los valores de IRI obtenidos en múltiples corridas realizadas en una misma sección.

Para las mediciones del perfil vertical se calculan las varianzas de lecturas obtenidas en múltiples corridas para cada intervalo de registro de datos por huella a lo largo de la misma sección. De acuerdo a la Norma Tex-1001-S para pasar la prueba de precisión, la raíz cuadrada del promedio de las varianzas en cada huella no debe exceder 0.889 mm (35 milésimas de pulgada).

Después de verificar la precisión de las mediciones de las elevaciones del perfil se calculan los valores de IRI por huella y la desviación estándar correspondiente. Según la norma Tex-1001-S, la desviación estándar de los valores de IRI obtenidos en 10 corridas múltiples no debe exceder 0.039 m/km (2.5 in/mi) para ser aceptados.

Considerar que:

- La longitud del tramo donde se mide del perfil para determinar la precisión debe ser 161 m (1 milla).
- Se deben realizar diez mediciones repetidas del perfil del pavimento para determinar la precisión.

A.2.9.3.4. Exactitud

La exactitud se refiere el grado de cercanía del perfil obtenido a partir de las mediciones realizadas con el perfilómetro y el perfil real del pavimento que es obtenido a través de métodos estáticos tales como mira y nivel, Dipstick, Walking Profiler. Las elevaciones de referencia deben ser recolectadas a intervalos de 2 in o menos. El primer paso consiste en sincronizar los dos perfiles utilizando puntos de control para definir los intervalos de registro de mediciones a lo largo del recorrido. El promedio de las 10 mediciones para cada intervalo de registro es comparado con los valores del perfil real. El promedio de las diferencias aritméticas de las mediciones del perfilómetro y el perfil real se le denomina μ_1 y al valor absoluto μ_2 .

De acuerdo a la norma Tex-1001-S, para pasar la prueba de exactitud, μ_1 debe ser menor a 0.381 mm (15 milésimas de pulgada), y μ_2 menor a 1.27 mm (50 milésimas de pulgada).

Para evaluar la exactitud del IRI se calcula el valor promedio por huella. El cálculo del IRI se realiza a partir de las mediciones realizadas con el perfilómetro y con los datos de la nivelación de precisión.

Según la norma Tex-1001-S, la diferencia absoluta entre el promedio de los valores de IRI del perfilómetro y el de referencia no debe exceder a 0.09472 m/km (6 in/mi) para ser aceptados.

Apéndice B

Indicadores técnicos del modelo de nivel de servicio

B.1. Mean Roughness Index (MRI)

En la figura B.1.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la regularidad longitudinal en pavimentos.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Regularidad longitudinal del Pavimento	
IDENTIFICADOR	PL-CA-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la regularidad longitudinal del pavimento (PL-CA-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Mean Roughness Index (MRI)	m/km	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 E1170 - 97(2017) Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces.		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
Perfilómetro Inercial (Clase 1, según ASTM E950)		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La metodología de medición del perfil longitudinal se debe basar en la normativa ASTM E950. Esta medición se debe realizar en todas las pistas del área de concesión exceptuando las vías de servicio.		
Se deben medir 2 perfiles longitudinales por pista, cada uno a 0.7 m de distancia de las líneas que demarcan la pista (2.1 m de separación entre los transductores de distancia en el caso de una pista de 3.5 m).		
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.		
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.		
Las definiciones de singularidades debe ser aprobada por el inspector fiscal.		
Se calcula el valor de MRI individual (cada 50 m) y el valor de MRI promedio cada (1 km).		

Figura B.1.1: Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento.

Fuente: Elaboración propia

El protocolo de calificación del indicador se evalúa en secciones de 50 m y de 1 km, como se presenta en la figura B.1.2 :

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 50 m se tiene un nivel de desempeño según se define en (I).				
Cada 1 km se tiene un nivel de desempeño según se define en (II).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(I) MRI individual (cada 50 m) [m/km]				
[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
(II) MRI promedio (cada 1 km) [m/km]				
[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5

Figura B.1.2: Ficha técnica para evaluar la regularidad longitudinal del pavimento (continuación).

Fuente: Elaboración propia

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.1.3 :

		MRI puntual (50 m)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de MRI puntual				
		[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	= 0%
	Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	= 0%
	Justo	100%				
	Malo	-			]0.5, 2.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

		MRI promedio (1 km)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de MRI promedio				
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0%	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0%	= 0%	= 0%
	Justo	100%				
	Malo	-			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

* La calificación que ingresa al modelo de N.S. es la peor de las anteriores (entre MRI promedio e MRI puntual).

Figura B.1.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Para obtener la calificación del indicador técnico utilizando información histórica de las carreteras interurbanas consideradas, se distinguen dos casos:

1. Se considera el umbral máximo permitido por las bases de licitación de cada contrato y se genera un protocolo de calificación ficticio. El objetivo es visualizar el nivel de cumplimiento de los estándares exigidos en el respectivo contrato, así como la distribución de secciones en cada categoría de calificación. Para este caso se evalúa mediante IRI Promedio (1 km), dado que las bases de licitación de cada contrato para este indicador, mide según la media móvil de cinco tramos de 200 m.
2. Se considera el protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio, de acuerdo a la ficha técnica y protocolo de calificación (figuras B.1.1, B.1.2 y B.1.3). Se evalúa tanto para secciones de 200 m y de 1 km. Cabe destacar que debido a la naturaleza de la información histórica, se evalúan secciones de 200 m con el indicador de 50 m (IRI Puntual) considerando que estos valores presentan mayor homogenización de la regularidad del pavimento.

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.1 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.0 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.0 y 3.5 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.5 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.5, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” y no existen secciones en los rangos “malo” y “muy malo”.

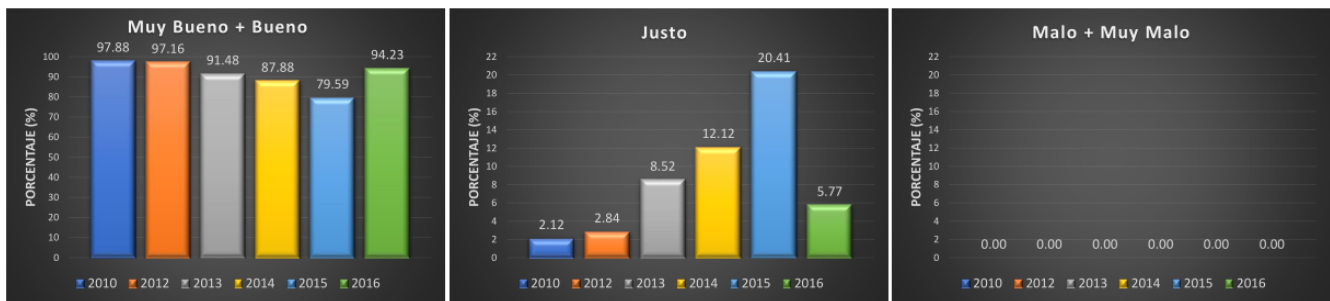


Figura B.1.5: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global de la carretera (tabla B.1.2), las calificaciones obtenidas para los años 2010 al 2016 se muestran en la tabla B.1.3.

Tabla B.1.2: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI promedio (1 km)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI promedio				
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.5[	[3.5 , 4.5[	≥ 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	< 50 %	≤ 1.0 %	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	> 0%			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.3: *Calificación global del indicador IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año					
	2010	2012	2013	2014	2015	2016
[0.0,1.0[	17.41	21.62	12.39	7.86	4.48	9.36
[1.0,2.0[	80.47	75.55	79.09	80.02	75.11	84.87
[2.0,3.5[	2.12	2.84	8.52	12.12	20.41	5.77
[3.5,4.5[	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥ 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Se observa que para todos los años en los que se dispone información, la calificación global del indicador es “Bueno”, lo que da cuenta del cumplimiento de la exigencias establecidas en la respectiva base de licitación del contrato.

B.1.0.0.0.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio - IRI Promedio (Secciones cada 1 km)

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de 1 km de la carretera se presenta en la figura B.1.6. Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.1.4, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de IRI definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 17.41 % de las secciones de la concesión zona norte tienen un IRI entre 0.0 y 1.0 m/km en el año 2010.

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 1 km se tiene un nivel de desempeño según se define en (II).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(II) IRI promedio (cada 1 km) [m/km]				
[0.0, 1.0[	[1.0, 2.0[	[2.0, 3.0[	[3.0, 4.5[	≥ 4.5

Figura B.1.6: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.1.4: Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.

Rango de IRI [m/km]	Año					
	2010	2012	2013	2014	2015	2016
[0.0,1.0[	17.41	21.62	12.39	7.86	4.48	9.36
[1.0,2.0[	80.47	75.55	79.09	80.02	75.11	84.87
[2.0,3.0[	2.12	2.84	8.52	12.01	20.31	5.77
[3.0,4.5[	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00
≥ 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.1 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.0 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.0 y 3.0 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.0 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.7, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” y sólo para los años 2014 y 2015 existen secciones en los rangos “malo” y “muy malo”.



Figura B.1.7: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.1.5), las evaluaciones obtenidas para los años 2010 al 2016 se muestran en la tabla B.1.6.

Tabla B.1.5: Protocolo de calificación global del indicador.

		<u>IRI promedio (1 km)</u>				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI promedio				
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0%	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	-			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.6: *Calificación global del indicador IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año					
	2010	2012	2013	2014	2015	2016
[0.0,1.0[	17.41	21.62	12.39	7.86	4.48	9.36
[1.0,2.0[	80.47	75.55	79.09	80.02	75.11	84.87
[2.0,3.0[	2.12	2.84	8.52	12.01	20.31	5.77
[3.0,4.5[	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00
≥ 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	BUENO	BUENO	BUENO	MALO	MALO	BUENO

Al comparar los resultados obtenidos mediante la propuesta de calificación del modelo de nivel de servicio (Tabla B.1.6) con la evaluación considerando el umbral de licitación correspondiente (Tabla B.1.3), se mantiene la calificación global excepto para los años 2014 y 2015, donde la calificación pasa de “Bueno” a “Malo” en ambos años.

Este cambio de calificación global se debe tanto a la variación en el límite superior del rango “Justo” (de 3.5 a 3.0 m/km), lo que permite que entren secciones de la carretera en el rango “Malo”, como al protocolo de calificación global que no permite secciones con valores superior a 3.0 m/km. Cabe destacar que para los años 2014 y 2015, el 0.11 % de secciones en el rango de 3.0 a 4.5 m/km corresponden a 1 tramo de 1km, en ambos casos.

B.1.0.0.2. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio - IRI Puntual (Secciones cada 50 m)

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de 50 m de la carretera se presenta en la figura B.1.8 . Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.1.7, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de IRI definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 73.43 % de las secciones de la concesión zona norte tienen un IRI entre 0.0 y 1.5 m/km en el año 2010.

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 50 m se tiene un nivel de desempeño según se define en (I).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(I) IRI individual (cada 50 m) [m/km]				
[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0

Figura B.1.8: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.1.7: Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Puntual.

Rango de IRI [m/km]	Año					
	2010	2012	2013	2014	2015	2016
[0.0,1.5[	73.43	72.49	62.79	53.56	38.76	61.26
[1.5,2.5[	25.60	26.22	34.22	42.88	54.67	36.82
[2.5,3.5[	0.96	1.27	2.93	3.56	6.57	1.87
[3.5,5.0[	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.04
≥ 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.1 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.5 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.5 y 3.5 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.5 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.9, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” y sólo para los años 2012, 2013 y 2016 existen secciones en rango “malo” y “muy malo”.

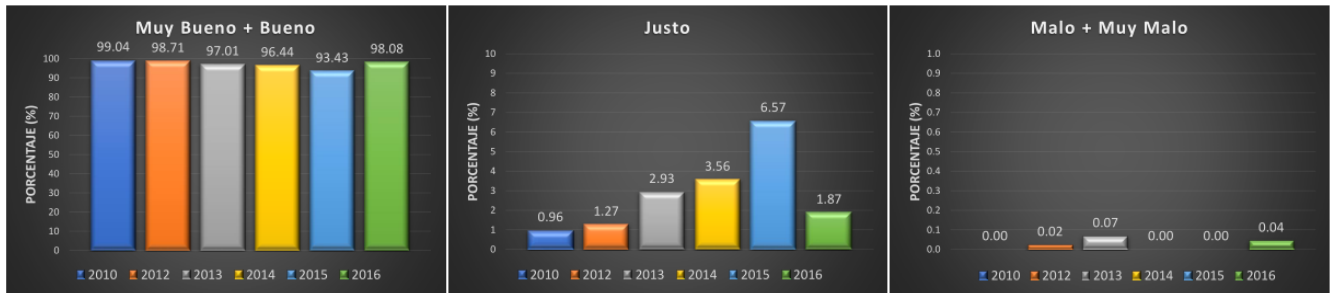


Figura B.1.9: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.1.8), las evaluaciones obtenidas para los años 2010 al 2016 se muestran en la tabla B.1.9.

Tabla B.1.8: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI puntual (50 m)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI puntual				
		[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	≤ 0.5%	= 0%
	Justo	100%			≤ 0.5%	= 0%
	Malo	-			]0.5, 2.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.9: *Calificación global del indicador IRI Puntual.*

Rango de IRI [m/km]	Año					
	2010	2012	2013	2014	2015	2016
[0.0,1.5[	73.43	72.49	62.79	53.56	38.76	61.26
[1.5,2.5[	25.60	26.22	34.22	42.88	54.67	36.82
[2.5,3.5[	0.96	1.27	2.93	3.56	6.57	1.87
[3.5,5.0[	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.04
≥ 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO

Al observar los resultados de la Tabla B.1.9, se aprecia que para la mayoría de los años se tiene calificación “Muy Bueno”, excepto para los años 2014 y 2015 donde la evaluación es “Bueno”.

Dado que la evaluación final del indicador IRI considera la peor calificación entre IRI Promedio e IRI Puntual, en la Tabla B.1.10 se presenta la calificación global final para la concesión zona norte.

Tabla B.1.10: *Calificación global del indicador IRI.*

Año					
2010	2012	2013	2014	2015	2016
BUENO	BUENO	BUENO	MALO	MALO	BUENO

B.1.0.0.1. Concesión zona centro

B.1.0.0.1.1. Evaluación considerando el umbral de licitación correspondiente

Considerando que el IRI máximo permitido, según la base de licitación correspondiente, es de 3.5 m/km, se genera un protocolo de calificación en el cual 3.5 m/km es el límite superior de la calificación “justo”. Se construyen intervalos de igual amplitud para definir secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” como se presenta en la figura B.1.10 :

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 1 km se tiene un nivel de desempeño según se define en (II).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(II) IRI promedio (cada 1 km) [m/km]				
[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.5[	[3.5 , 4.5[	≥ 4.5

Figura B.1.10: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.1.11, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de IRI definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 4.24 % de las secciones de la concesión zona centro tienen un IRI entre 0.0 y 1.0 m/km en el año 2010.

Tabla B.1.11: Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.

Rango de IRI [m/km]	Año		
	2010	2013	2018
[0.0,1.0[	4.24	6.88	1.84
[1.0,2.0[	86.92	66.31	88.15
[2.0,3.5[	8.47	26.81	10.02
[3.5,4.5[	0.18	0.00	0.00
≥ 4.5	0.18	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.11 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.0 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.0 y 3.5 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.5 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.11, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes menores se encuentran en el rango definido como “justo” y sólo para el año 2010 existen secciones con calificaciones “malo” y “muy malo”.



Figura B.1.11: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global de la carretera (tabla B.1.12), las calificaciones obtenidas para los años 2010, 2013 y 2018 se muestran en la tabla B.1.13 :

Tabla B.1.12: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI promedio (1 km)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI promedio				
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.5[	[3.5 , 4.5[	≥ 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	< 50 %	≤ 1.0 %	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	> 0%			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.13: *Calificación global del indicador IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año		
	2010	2013	2018
[0.0,1.0[	4.24	6.88	1.84
[1.0,2.0[	86.92	66.31	88.15
[2.0,3.5[	8.47	26.81	10.02
[3.5,4.5[	0.18	0.00	0.00
≥ 4.5	0.18	0.00	0.00
Calificación Global	MUY MALO	BUENO	BUENO

Se observa que para el año 2010 la calificación global es “Muy Malo”, mientras que para los años 2013 y 2018 la calificación global del indicador es “Bueno”, lo que da cuenta del cumplimiento de la exigencias establecidas en la respectiva base de licitación del contrato para estos años.

B.1.0.0.1.2. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio - IRI Promedio (Secciones cada 1 km)

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de 1 km de la carretera se presenta en la figura B.1.12. Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.1.14, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de IRI definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 4.24 % de las secciones de la concesión zona centro tienen un IRI entre 0.0 y 1.0 m/km en el año 2010.

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 1 km se tiene un nivel de desempeño según se define en (II).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(II) IRI promedio (cada 1 km) [m/km]				
[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5

Figura B.1.12: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.1.14: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año		
	2010	2013	2018
[0.0,1.0[	4.24	6.88	1.84
[1.0,2.0[	86.92	66.31	88.15
[2.0,3.0[	8.29	20.63	9.68
[3.0,4.5[	0.37	6.17	0.33
≥ 4.5	0.18	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.11 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.0 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.0 y 3.0 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.0 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.13, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes menores se encuentran en el rango definido como “justo” y para todos los años existen secciones en rango “malo” y “muy malo”. Para el año 2013 las secciones en estos últimos rangos son mucho mayores, llegando al 6.17%.



Figura B.1.13: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.1.15), las evaluaciones obtenidas para los años 2010, 2013 y 2018 se muestran en la tabla B.1.16 :

Tabla B.1.15: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI promedio (1 km)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI promedio				
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0%	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	-			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.16: *Calificación global del indicador IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año		
	2010	2013	2018
[0.0,1.0[	4.24	6.88	1.84
[1.0,2.0[	86.92	66.31	88.15
[2.0,3.0[	8.29	20.63	9.68
[3.0,4.5[	0.37	6.17	0.33
> 4.5	0.18	0.00	0.00
Calificación Global	MUY MALO	MUY MALO	MALO

Al comparar los resultados obtenidos mediante la propuesta de calificación del modelo de nivel de usuario (Tabla B.1.16) con la evaluación considerando el umbral de licitación (Tabla B.1.13), se mantiene la calificación global sólo para el año 2010 (“Muy Malo”). Para los años 2013 y 2018, la calificación global con la propuesta del modelo es menor para ambos años, pasando de “Bueno” a “Muy Malo” y “Malo”, respectivamente.

Este cambio de calificación global se debe tanto a la variación del límite superior en el rango “Justo” (de 3.5 a 3.0 m/km), lo que permite que entren secciones de la carretera en el rango “Malo”, como al protocolo de calificación global que no permite secciones con valores superior a 3.0 m/km. Cabe destacar que las secciones de 1km que tienen un IRI superior a 3.0 m/km son 3, 35 y 2 para los años 2010, 2013 y 2018, respectivamente.

B.1.0.0.1.3. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio - IRI Puntual (Secciones cada 50 m)

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de 50 m de la carretera se presenta en la figura B.1.14 . Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.1.17, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de IRI definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 59.42 % de las secciones de la concesión zona centro tienen un IRI entre 0.0 y 1.5 m/km en el año 2010.

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 50 m se tiene un nivel de desempeño según se define en (I).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(I) IRI individual (cada 50 m) [m/km]				
[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0

Figura B.1.14: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.1.17: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Puntual.*

Rango de IRI [m/km]	Año		
	2010	2013	2018
[0.0,1.5[	59.42	42.00	49.95
[1.5,2.5[	37.37	42.29	46.77
[2.5,3.5[	2.65	12.68	2.74
[3.5,5.0[	0.52	2.99	0.47
> 5.0	0.04	0.04	0.07

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.11 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.5 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.5 y 3.5 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.5 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.15, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes menores se encuentran en el rango definido como “justo” y para todos los años existen secciones en rango “malo” y “muy malo”. Para el año 2013 las secciones en este último rango son mucho mayores, llegando al 3.03 %.

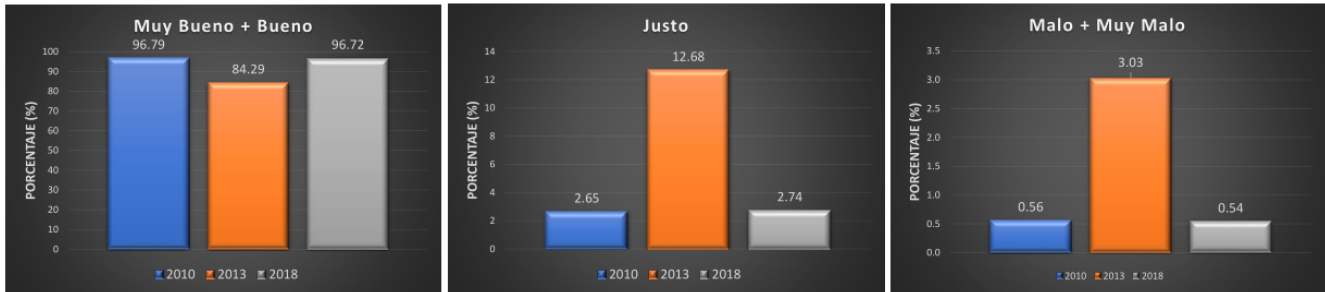


Figura B.1.15: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.1.18), las evaluaciones obtenidas para los años 2010, 2013 y 2018 se muestran en la tabla B.1.19 :

Tabla B.1.18: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI puntual (50 m)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI puntual				
		[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	≤ 0.5%	= 0%
	Justo	100%			≤ 0.5%	= 0%
	Malo	-			]0.5, 2.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.19: *Calificación global del indicador IRI Puntual.*

Rango de IRI [m/km]	Año		
	2010	2013	2018
[0.0,1.5[	59.42	42.00	49.95
[1.5,2.5[	37.37	42.29	46.77
[2.5,3.5[	2.65	12.68	2.74
[3.5,5.0[	0.52	2.99	0.47
> 5.0	0.04	0.04	0.07
Calificación Global	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Al observar los resultados de la Tabla B.1.19, se aprecia que para los tres años de análisis, la calificación es “Muy Malo”. Esto se debe a que existen tramos de la carretera con IRI superior a 3.5 m/km, siendo estos tramos 15, 85 y 16 para los años 2010, 2013 y 2018, respectivamente.

Dado que la evaluación final del indicador IRI considera la peor calificación entre IRI Promedio e IRI Puntual, en la Tabla B.1.20 se presenta la calificación final para la concesión zona centro.

Tabla B.1.20: *Calificación global del indicador IRI.*

Año		
2010	2013	2018
MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.21 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 3.0 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 3.0 y 4.0 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 4.0 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.17, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, sólo para el año 2012 se encuentran secciones en el rango definido como “justo” y no existen secciones con calificaciones “malo” y “muy malo”.

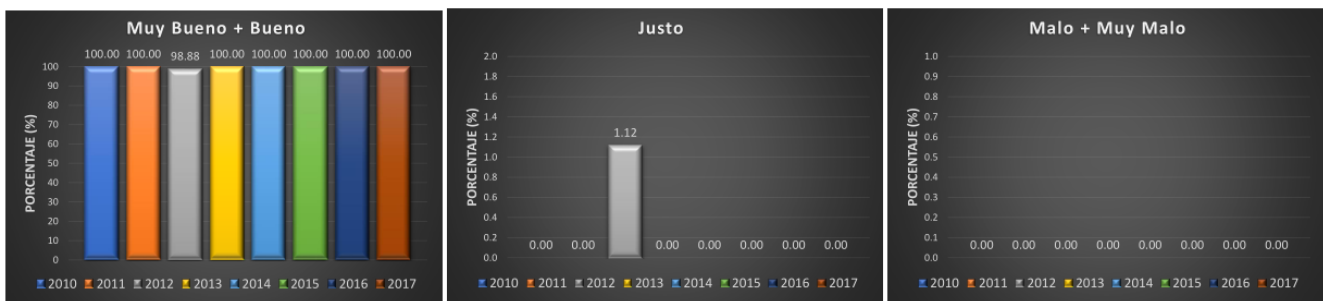


Figura B.1.17: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global de la carretera (tabla B.1.22), las calificaciones obtenidas para los años 2010 al 2017 se muestran en la tabla B.1.23 :

Tabla B.1.22: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI promedio (1 km)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI promedio				
		[0.0 , 1.5[	[1.5 , 3.0[	[3.0 , 4.0[	[4.0 , 5.0[	≥ 5.0
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	< 50 %	≤ 1.0 %	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	> 0%			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.23: *Calificación global del indicador IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0,1.5[	38.80	37.07	14.50	16.97	47.51	59.27	42.72	39.07
[1.5,3.0[	61.20	62.93	84.39	83.03	52.49	40.73	57.28	60.93
[3.0,4.0[	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
[4.0,5.0[	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥ 5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO

Se observa que para la mayoría de los años la calificación global es “Bueno”, mientras que solo para el año 2015 la calificación global del indicador es “Muy Bueno”, lo que da cuenta del cumplimiento de la exigencias establecidas en la respectiva base de licitación del contrato.

B.1.0.0.2.2. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio - IRI Promedio (Secciones cada 1 km)

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de 1 km de la carretera se presenta en la figura B.1.18. Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.1.24, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de IRI definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 0.33 % de las secciones de la concesión zona sur tienen un IRI entre 0.0 y 1.0 m/km en el año 2010.

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 1 km se tiene un nivel de desempeño según se define en (II).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(II) IRI promedio (cada 1 km) [m/km]				
[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5

Figura B.1.18: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.1.24: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0,1.0[	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	0.33	0.33
[1.0,2.0[	86.96	83.57	65.06	81.92	98.01	97.02	94.04	91.06
[2.0,3.0[	12.71	16.43	33.83	18.08	1.99	1.66	5.63	8.61
[3.0,4.5[	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥ 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.21 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.0 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.0 y 3.0 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.0 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.19, se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes menores se encuentran en el rango definido como “justo” y sólo para el año 2012 existen secciones en rango “malo” y “muy malo”.

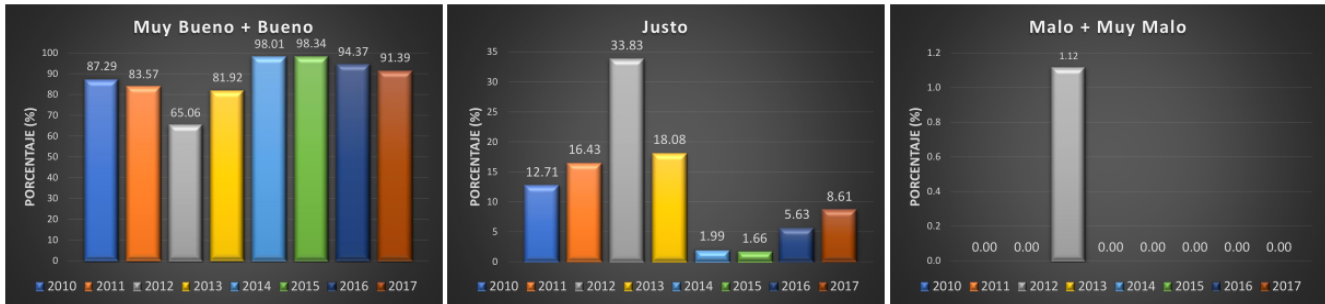


Figura B.1.19: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.1.25), las evaluaciones obtenidas para los años 2010 al 2017 se muestran en la tabla B.1.26 :

Tabla B.1.25: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI promedio (1 km)					
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI promedio					
		[0.0 , 1.0[	[1.0 , 2.0[	[2.0 , 3.0[	[3.0 , 4.5[	≥ 4.5
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0%	= 0%	= 0%	
	Bueno	≥ 50%		< 50%	= 0%	= 0%	
	Justo	100%				= 0%	= 0%
	Malo	-			]0.0, 5.0]	= 0%
	Muy malo	100%					

Tabla B.1.26: *Calificación global del indicador IRI Promedio.*

Rango de IRI [m/km]	Año							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0,1.0[	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	0.33	0.33
[1.0,2.0[	86.96	83.57	65.06	81.92	98.01	97.02	94.04	91.06
[2.0,3.0[	12.71	16.43	33.83	18.08	1.99	1.66	5.63	8.61
[3.0,4.5[	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥ 4.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	BUENO	BUENO	MALO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Al comparar los resultados obtenidos mediante la propuesta de calificación del modelo de nivel de servicio (Tabla B.1.26) con la evaluación considerando el umbral de licitación (Tabla B.1.23) hay una variación de la calificación para los años 2012 y 2015, donde ambos años presentan una peor calificación en la propuesta. El resto de los años presenta la misma calificación de “Bueno”.

Este cambio de calificación global se debe tanto a la variación del límite superior en el rango “Justo” (de 4.0 a 3.0 m/km), lo que permite que entren secciones de la carretera en el rango “Malo”, como al protocolo de calificación global que no permite secciones con valores superior a 3.0 m/km. Cabe destacar que las secciones de 1km que tienen un IRI superior a 3.0 m/km son 3, para el año 2012.

B.1.0.0.2.3. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio - IRI Puntual (Secciones cada 50m)

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de 50 m de la carretera se presenta en la figura B.1.20 . Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.1.27, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de IRI definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 42.55 % de las secciones de la concesión zona sur tienen un IRI entre 0.0 y 1.5 m/km en el año 2010.

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada 50 m se tiene un nivel de desempeño según se define en (I).				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
(I) IRI individual (cada 50 m) [m/km]				
[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0

Figura B.1.20: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.1.27: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI Puntual.*

Rango de IRI [m/km]	Año							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0,1.5[	42.55	39.04	21.46	26.52	52.79	53.71	49.13	45.31
[1.5,2.5[	54.28	56.51	66.24	69.91	46.47	45.69	49.87	52.34
[2.5,3.5[	3.10	4.38	11.85	3.57	0.74	0.60	1.00	2.34
[3.5,5.0[	0.07	0.07	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.1.21 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 2.5 m/km).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 2.5 y 3.5 m/km).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 3.5 m/km).

Como se muestra en la figura B.1.21, se observa que la gran mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes menores se encuentran en el rango definido como “justo” y sólo para los años 2010 al 2012 existen secciones en rango “malo” y “muy malo”.

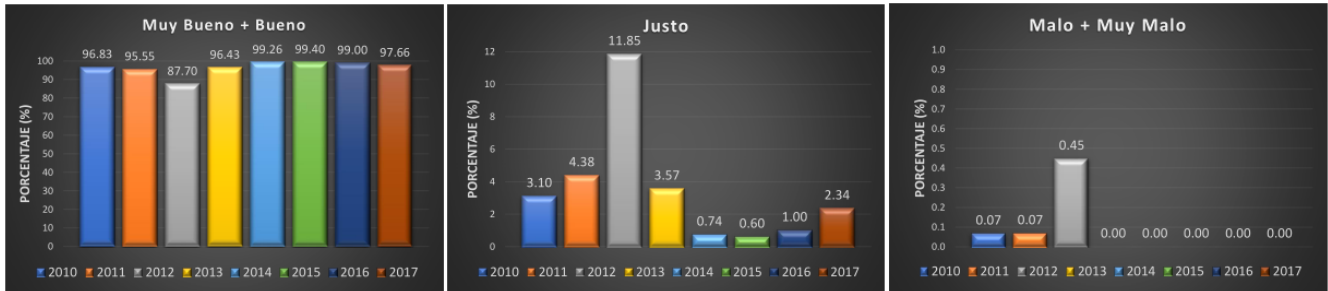


Figura B.1.21: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.1.28), las evaluaciones obtenidas para los años 2010 al 2017 se muestran en la tabla B.1.29 :

Tabla B.1.28: Protocolo de calificación global del indicador.

		IRI puntual (50 m)				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de IRI puntual				
		[0.0 , 1.5[	[1.5 , 2.5[	[2.5 , 3.5[	[3.5 , 5.0[	≥ 5.0
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 3.0%	≤ 0.5%	= 0%
	Bueno	≥ 50%		< 50%	≤ 0.5%	= 0%
	Justo	100%			≤ 0.5%	= 0%
	Malo	-			]0.5, 2.0]	= 0%
	Muy malo	100%				

Tabla B.1.29: *Calificación global del indicador IRI Puntual.*

Rango de IRI [m/km]	Año							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0,1.5[	42.55	39.04	21.46	26.52	52.79	53.71	49.13	45.31
[1.5,2.5[	54.28	56.51	66.24	69.91	46.47	45.69	49.87	52.34
[2.5,3.5[	3.10	4.38	11.85	3.57	0.74	0.60	1.00	2.34
[3.5,5.0[	0.07	0.07	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
≥5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO

Al observar los resultados de la Tabla B.1.29 se aprecia que para todos los años la calificación es “Bueno”, excepto para los años 2014 y 2015 donde la calificación es “Muy Bueno”.

Dado que la evaluación final del indicador IRI considera la peor calificación entre IRI Puntual e IRI Promedio, en la Tabla B.1.30 se presenta la calificación final para la concesión zona sur.

Tabla B.1.30: *Calificación global del indicador IRI.*

Año							
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
BUENO	BUENO	MALO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

B.2. Overall Sound Intensity Level

En la figura B.2.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el nivel de ruido de rodadura.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Nivel de Ruido de Rodadura	
IDENTIFICADOR	PL-CA-FT4	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado al ruido de rodadura (PL-CA-IT4)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Overall A-weighted Sound Intensity Level	dBA	Anual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
AASHTO T360-16 Measurement of Tire/Pavement Noise Using the On-Board Sound Intensity (OBSI) Method.		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
Sistema de medición OBSI, según AASHTO T360-16.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La metodología de medición del Nivel de Ruido de Rodadura se debe basar en la normativa AASHTO T360.		
Las mediciones deben ser realizadas a una velocidad de $95 \pm 1,5$ [km/h]. Si esta velocidad no es permitida en el tramo, el ensayo debe ser realizado a la más alta que se pueda alcanzar de las siguientes velocidades: 70, 55 y 40 [km/h].		
En cada una de las pistas se debe determinar el Nivel General de Intensidad de Sonido en escala de ponderación A (Overall A-weighted Sound Intensity Level) medido y normalizado según la normativa AASHTO T360.		
El valor final a reportar debe ser el Nivel General de Intensidad de Sonido en escala de ponderación A (Overall A-weighted Sound Intensity Level) normalizado de cada pista.		
El valor de Nivel General de Intensidad de Sonido en escala de ponderación A se debe determinar en tramos de 200 [m], donde se considerará el valor máximo entre las pistas como Nivel General de Intensidad de Sonido en escala de ponderación A del tramo.		
La medición descrita, se debe realizar en toda el área de concesión (exceptuando las vías de servicio), pero en el caso de puentes y túneles sus resultados solo tienen que ser reportados, pero no serán evaluados dentro del Modelo de Nivel de Servicio.		
Si el ensayo es realizado a velocidades inferiores a 93,5 [km/h], no será considerado en la evaluación por Nivel de Servicio. Aún así, los resultados del ensayo deben ser reportados.		

Figura B.2.1: Ficha técnica para evaluar el nivel de ruido de rodadura.

Fuente: UTFSM (2019a).

El protocolo de calificación para evaluar cada sección (200 m) se presenta en la figura B.2.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [dBA]				
≤ 100	]100, 102]	]102, 104]	]104,106]	> 106

Figura B.2.2: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: UTFSM (2019a).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.2.3.

		Overall A-Weighted Sound Intensity				
		Porcentaje de secciones dentro de cada rango de OAWSI [dBA]				
		< 100	]100, 102]	]102, 104]	]104,106]	> 106
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50%	< 50%	= 0%	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 45%		< 55%	= 0%	= 0%
	Justo	100%			= 0%	= 0%
	Malo	-			]0.0, 10.0]	= 0%
	Muy malo	-			]10.0, 15.0]	= 0%
		-				> 0%

Figura B.2.3: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: UTFSM (2019a).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.3. Aceleración ponderada en puentes

En la figura B.3.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar las vibraciones en el tablero de puentes.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Vibraciones de cuerpo completo en el tablero de los puentes	
IDENTIFICADOR	PU-TA-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a las vibraciones en el tablero de los puentes (PU-TA-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Aceleración ponderada en puentes	m/s ²	Semestral
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
Norma ISO 2631-1 (1997)		
Directiva EU 2002/44/EC		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Detector de vibración triaxial piezoeléctrico según ISO 2631-1 (1997)		
Acelerómetro de eje único, como el TEDS KS78.100 o con características análogas.		
Analizador de vibraciones del cuerpo humano, como el PCE-VM 31 o con características análogas		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
Para medir vibraciones de cuerpo entero se utilizan sobre todo sensores de vibración de asientos. Normalmente son detectores de vibración triaxiales piezoeléctricos, los cuales son incorporados en una almohada de material flexible y debe estar alineado a la columna vertebral del ocupante.		
El cálculo de la aceleración ponderada (a_w) se realiza por medio de la ecuación que se muestra a continuación, según la cual los ponderadores k varían según la posición de la persona afectada a la vibración. Para el caso de la vibración del tablero se considera una persona sentada		
$a_w = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2}$		
La utilización de un aparato analizador de vibraciones del cuerpo humano, permite obtener los valores efectivos de aceleración o a_w , por medio de la ecuación previamente descrita.		
Se debe conectar además al aparato analizador, un acelerómetro de eje único para la medición del parámetro SEAT (Asiento Efectivo Amplitud Transmisibilidad), el cual define el cociente de la aceleración en el asiento y la aceleración en el punto de fijación del asiento, eliminando así el sesgo en la medición producto de las diferencias que pueden existir en los vehículos instrumentados.		
Los valores umbrales de aceleración consideran un tránsito cómodo de los individuos por la estructura, y un valor límite de calificación justo, igual al valor de actuación definido en la directiva EU 2002/44/EC del parlamento europeo.		

Figura B.3.1: Ficha técnica para evaluar las vibraciones en el tablero de puentes.

Fuente: UdeC (2019).

El protocolo de calificación para evaluar cada puente se presenta en la figura B.3.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Valores de aceleración del tablero (m/s ²)				
< 0.315	[0.315 - 0.4[	[0.4 - 0.5[	[0.5 - 1.15[	> 1.15

Figura B.3.2: *Protocolo de calificación para cada puente de la carretera.*

Fuente: UdeC (2019).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.3.3.

		Porcentaje de puentes en cada categoría				
		< 0.315	[0.315 - 0.4[	[0.4 - 0.5[	[0.5 - 1.15[	> 1.15
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	< 5	= 0	= 0
	Bueno	≥ 50		< 50	= 0	= 0
	Justo	100%			= 0	= 0
	Malo	-			]0.0, 5.0]	= 0
	Muy malo	-			]5.0, 10.0]	= 0
					]0.0, 5.0]	> 0

Figura B.3.3: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: UdeC (2019).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.4. Uniformidad longitudinal de la iluminación exterior

En la figura B.4.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la uniformidad longitudinal de la iluminación exterior.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Uniformidad Longitudinal	
IDENTIFICADOR	IL-IL-FT2	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de nivel de servicio asociados al sistema de iluminación (IL-IL-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Uniformidad Longitudinal de la iluminación exterior	-	Anual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
Manual de Carreteras, Volumen N°6 Seguridad Vial, Capítulo 6.7 Iluminación Vial, Dirección de Vialidad		
CIE: 140-2000 Road Lighting Calculations		
UNE-EN 13201:4 Métodos de Medida de las prestaciones fotométricas.		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
La medición se realizará con un ILMD (<i>Imaging Luminance Meter Device</i> , Dispositivo de Medición de Luminancia de Imagen), calibrado y con resolución suficiente para realizar mediciones puntuales con ángulo sólido cónico no mayor de 2' en la vertical y no más de 20' en la horizontal. El instrumento debe medir en HDR (<i>High Dynamic Range</i> , Alto rango dinámico) con el fin de permitir la medición de Luminancia de Velo para cálculo del Incremento de Umbral (TI).		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La medición se realizará de forma continua en todos los tramos homogéneos, con una medición de la zona de cálculo normativa utilizada para el cálculo fotométrico. La posición nominal de los puntos de la grilla en los cuales se toman las mediciones, así como las posiciones nominales del observador, deben ser las indicadas en el Anexo 6.700A del Manual de Carreteras. Si algún punto se encuentra situado en la sombra de un objeto (árbol) o en una mancha de aceite, no se debe considerar en los cálculos de luminancia media y valores de uniformidad. Se debe realizar una medición por zona con el ILDM, para cada pista y posición del observador.		
La medición debe realizarse en régimen normal de funcionamiento, las luminarias deben haber pasado su periodo de estabilización y el pavimento debe encontrarse seco. Se debe reducir al mínimo posible cualquier sombra o interferencia procedente del sistema de medición y operadores. Las luminarias a evaluar mediante el procedimiento descrito, corresponden a las de la vía principal.		

Figura B.4.1: *Ficha técnica para evaluar la uniformidad longitudinal de la iluminación exterior.*

Fuente: Oyarzún (2019).

El protocolo de calificación para cada grilla se presenta en la figura B.4.2:

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Rango Uniformidad Longitudinal [-]				
$\geq UI^*+0.1$	$]UI^*+0.1, UI^*+0.05]$	$]UI^*+0.05, UI^*]$	$]UI^*, UI^*-0.1]$	$< UI^*-0.1$

*Corresponde a UI especificada para la clase correspondiente en la tabla 6.702.3.A del capítulo 6.700 del Manual de Carreteras.

Figura B.4.2: *Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.*

Fuente: Oyarzún (2019).

Para cada zona iluminada, la calificación se obtiene de acuerdo al porcentaje de grillas en cada categoría de calificación según se presenta en la tabla B.4.3 :

		Porcentaje del total de tramos* dentro de cada rango				
		Muy Bueno	Bueno	Justo	Malo	Muy malo
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	= 0	= 0	= 0
	Bueno	≥ 50		< 50	= 0	= 0
	Justo	100%			= 0	= 0
	Malo	-			< 10	= 0
	Muy malo	-			≥ 10	< 5
		-			≥ 5	

Figura B.4.3: Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.

Fuente: Oyarzún (2019).

La calificación global que ingresa al modelo de nivel de servicio, se obtiene como la peor nota obtenida dentro de las zonas iluminadas que exista en la concesión.

Adicionalmente, se define una señal de control de acuerdo a lo presentado en la figura B.4.4:

Se define una señal de control que permita evaluar el desempeño del sistema de iluminación de manera mensual, en lo que respecta al servicio prestado al usuario, como el número de luminaria-día apagadas o visiblemente dañadas que se contabilicen durante el mes en curso en toda el área de concesión. Existirá un plazo de reposición de 1 día, en caso de que la falla sea una luminaria defectuosa y 3 días si la falla se debe a otro tipo de componentes (por ejemplo la postación). Se contabilizarán aquellas fallas que, una vez reportadas, no se reparen dentro del plazo de reposición. De acuerdo al resultado de esta señal de control, se afectará a cada uno de los indicadores de la siguiente manera:	
0 luminaria-día	Los indicadores mantienen el nivel de desempeño, de acuerdo al resultado del procedimiento y conformidades indicadas anteriormente.
1 luminaria-día	Reduce en un nivel el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.
2 luminaria-día	Reduce en dos niveles el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.
3 luminaria-día	Reduce en tres niveles el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.
4 luminaria-día	Reduce en cuatro niveles el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.

Figura B.4.4: Señal de control para evaluar la uniformidad longitudinal de la iluminación exterior.

Fuente: Oyarzún (2019)

Los datos históricos vinculados a la iluminación de las carreteras interurbanas concesionadas, son del siguiente tipo:

- “Falta un poste de luminaria y cableado está sin protección”.
- “Un proyector apagado en estructura”.
- “Once luminarias apagadas, se informa vía telefónica al centro de control”.
- “Falta una luminaria”.
- “Un foco apagado”.
- “Cuatro luminarias apagadas”.
- “Cinco proyectores apagados”.

Dado que a partir de los datos históricos presentados no es posible evaluar directamente los parámetros de iluminación, las calificaciones categóricas para este indicador se obtienen a partir de la evaluación de la señal de control definida en la figura B.4.4, considerando que la calificación original del indicador es “muy bueno”.

B.4.0.0.1. Concesión zona norte

En la tabla B.4.1, se presenta la cantidad de luminarias-día de falla según se define en la señal de control (figura B.4.4). A partir de dichos resultados se obtienen las calificaciones categóricas presentadas en la tabla B.4.2 .

Tabla B.4.1: *Cantidad de luminaria-día de falla.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
2014	0	3	13	8	3	15	10	7	3	1	6	2	71
2015	1	0	3	0	4	9	2	0	4	3	6	0	32
2016	1	1	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	9
2017	1	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	6
2018	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Tabla B.4.2: *Calificaciones global del indicador de uniformidad longitudinal de la iluminación.*

AÑO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2015	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO
2016	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO
2017	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.4.0.0.2. Concesión zona centro

En la tabla B.4.3, se presenta la cantidad de luminarias-día de falla según se define en la señal de control (figura B.4.4). A partir de dichos resultados se obtienen las calificaciones categóricas presentadas en la tabla B.4.4

Tabla B.4.3: *Cantidad de luminaria-día de falla.*

AÑO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	0	0	0	0	0	0	484	0	0	946	24	110
2015	16	33	0	0	0	0	0	2174	280	1750	2923	332
2016	609	0	858	0	88	0	42	0	182	0	0	0

Tabla B.4.4: *Calificaciones categóricas de la uniformidad longitudinal de la iluminación.*

AÑO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2015	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
2016	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.4.0.0.3. Concesión zona sur

Para esta concesión no se disponen de datos históricos, por tanto, no se puede obtener la calificación del indicador técnico.

B.5. Uniformidad longitudinal de iluminación en túneles

En la figura B.5.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la uniformidad longitudinal en túneles.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Uniformidad Longitudinal en túneles	
IDENTIFICADOR	TU-SI-FT3	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de nivel de servicio asociados al sistema de iluminación en túneles (TU-SIL-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Uniformidad Longitudinal de la iluminación en túneles	-	Annual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
Manual de Carreteras, Volumen N°6 Seguridad Vial, Capítulo 6.7 Iluminación Vial, Dirección de Vialidad.		
CIE 88: Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses.		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
La medición se realizará con un ILM (Imaging Luminance Meter Device, Dispositivo de Medición de Luminancia de Imagen), calibrado y con resolución suficiente para realizar mediciones puntuales con ángulo sólido cónico no mayor de 2' en la vertical y no más de 20' en la horizontal. El instrumento debe medir en HDR (High Dynamic Range, Alto rango dinámico) con el fin de permitir la medición de Luminancia de Velo para cálculo del Incremento de Umbral (TI).		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La medición se realizará de forma continua en todos los tramos homogéneos, con una medición de la zona de cálculo normativa utilizada para el cálculo fotométrico. La posición nominal de los puntos de la grilla en los cuales se toman las mediciones, así como las posiciones nominales del observador, deben ser las indicadas en el Anexo 6.700A del Manual de Carreteras. Si algún punto se encuentra situado en una mancha de aceite, no se debe considerar en los cálculos de luminancia media y valores de uniformidad. Se debe realizar una medición por zona con el ILM, para cada pista y posición del observador. La medición debe realizarse en régimen normal de funcionamiento, las luminarias deben haber pasado su período de estabilización y el pavimento debe encontrarse seco. Se debe reducir al mínimo posible cualquier sombra o interferencia procedente del sistema de medición y operadores. Además de la configuración espacial de la medición se evaluará cada zona del túnel, es decir se tendrá un total de 4 mediciones correspondientes a las zonas de umbral, transición, interior y salida.		
La medición debe realizarse en régimen normal de funcionamiento, las luminarias deben haber pasado su período de estabilización y el pavimento debe encontrarse seco. Se debe reducir al mínimo posible cualquier sombra o interferencia procedente del sistema de medición y operadores.		

Figura B.5.1: Ficha técnica para evaluar la uniformidad longitudinal de iluminación en túneles.

Fuente: Sepúlveda (2019).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.5.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO UNIFORMIDAD LONGITUDINAL [-]				
> UI + 0.1	[UI + 0.1, UI + 0.05]	[UI + 0.05, UI]	[UI, UI - 0.1]	< UI - 0.1
EVALUACIÓN GLOBAL				
La evaluación global de uniformidad longitudinal del túnel corresponde al nivel de desempeño mas bajo de todas las zonas.				

Figura B.5.2: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Sepúlveda (2019).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.6. Índice de condición de paraderos

En la figura B.6.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la funcionalidad de paraderos.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Funcionalidad e Integridad de Paraderos	
IDENTIFICADOR	PAR-PAR-FT3	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a Paradero (PAR-PAR-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de paraderos	paradero/día	Mensual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
-		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
Inspección visual y olfativa.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
<p>Todos los paraderos deben estar funcionales e íntegros o su funcionalidad e integridad debe ser remendada dentro del plazo de restauración establecido durante toda la etapa de explotación. Se considerará que los objetos a evaluar están funcionales sólo si se cumplen copulativamente las siguientes condiciones:</p> <p>a) Los paraderos están limpios. b) Los paraderos están sin malos olores. c) Accesos están libres de cualquier elemento extraño que altere la circulación de los peatones. Esto debe incluir la remoción de nieve.</p> <p>Se considerará que los objetos a evaluar están íntegros sólo si se cumplen copulativamente las siguientes condiciones:</p> <p>a) Soleras sin daños, con sus juntas selladas y en la posición correcta. b) Los paraderos están con los elementos estructurales en buen estado. Elementos de hormigón sanos, sin fierro a la vista y sin grietas no selladas ni trozos faltantes. c) Las zonas de resguardo para peatones en buen estado, tienen su superficie libre de baches, deformaciones y cualquier irregularidad que altere una superficie adecuada para el tránsito cómodo y seguro del peatón. d) Los paraderos están con su pintura en buen estado, sin rayados.</p> <p>La limpieza, accesibilidad, condición y estado de los elementos de paraderos se constatará mediante inspección visual. Los olores se constatarán mediante inspección olfativa.</p> <p>Cuando se detecte el incumplimiento de las condiciones funcionales, el Concesionario dispondrá de 24 horas para subsanar la problemática. Si la condición es de integridad, se dispondrán de 7 (siete) días para subsanar el incumplimiento. En caso de algún hecho fortuito, accidente u otro evento (actos vandálicos, hurtos, desastre natural) que requiera la reposición de alguna instalación, el plazo será de hasta 14 (catorce) días según criterio del Inspector Fiscal. Cuando alguna de las exigencias se encuentre en incumplimiento, si se resuelve dentro del período de restauración, para los efectos de la determinación del indicador, las exigencias se han cumplido.</p>		

Figura B.6.1: Ficha técnica para evaluar la funcionalidad de paraderos.

Fuente: Burgos (2019).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.6.2 :

N° de paraderos concesionados	NIVELES DE DESEMPEÑO				
	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
	Número de incumplimientos mensuales de funcionalidad de paraderos [paradero/día]				
≤ 40	0	1	2	3	≥4
]40;80]	0	[1;2]	[3;4]	[5;6]	≥7
>80	0	[1;3]	[4;6]	[7;9]	≥10

Figura B.6.2: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: Burgos (2019).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.7. Índice de condición de áreas de servicio

En la figura B.7.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la funcionalidad e integridad de las áreas de servicio.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Funcionalidad e integridad del área de servicios	
IDENTIFICADOR	AS-AS-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a las Áreas de Servicios (AS-AS-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Indicador de integridad y funcionalidad del Área de Servicio (IFAS)	Adimensional	Mensual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
-		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Inspección visual		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La exigencia de integridad y funcionalidad se determina en términos del indicador de integridad y funcionalidad del Área de Servicio (IFAS), el cual se determina a través de la aplicación del Check List del indicador del mismo nombre (CLIFAS).		
Según el estado de arte, las Áreas de Servicios deben estar provistas como mínimo de los siguientes subactivos:		
<ul style="list-style-type: none"> - Zonas de estacionamiento pavimentadas - Servicios higiénicos - Iluminación - Áreas de recreo (opcional) - Agua Potable - Energía eléctrica 		
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 área de servicio; (b) Aplicación del CLIFAS; (c) Registro del CLIFAS en un archivo digital y (d) evaluación del indicador IFAS.		
En caso de que se detecte el incumplimiento individual de cualquiera de los elementos del check list el Concesionario dispondrá de 3 (tres) días para subsanar el(los) incumplimiento(s). En caso de que se detecte el incumplimiento individual del punto 10 del checklist (limpieza adecuada de los servicios higiénicos) el concesionario dispondrá de 0 (cero) días para subsanar el incumplimiento. Al no cumplirse el subsanamiento de las exigencias en los días correspondientes a cada una, el CLIFAS será evaluado como MUY MALO (IFAS = 1.00) .		
La evaluación del IFAS se determina con la tabla 1.1 del informe técnico y se calcula:		
$IFAS = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$		

Figura B.7.1: Ficha técnica para evaluar la funcionalidad e integridad de las áreas de servicio.

Fuente: UdeC(2019k).

El protocolo de calificación para evaluar cada área de servicio se presenta en la figura B.7.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
IFAS (Por área de servicio)				
[3.00]	]3.00 - 2.50]	]2.50 - 2.00]	]2.00 a 1.50]	]1.50 a 1.00]

Figura B.7.2: *Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.*

Fuente: UdeC(2019k).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.7.3 :

		Cantidad de áreas de servicio con evaluación IFAS				
		[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%	[0 - 5%]	= 0 %	= 0 %
	BUENO	≥ 50%		< 50%	= 0 %	= 0 %
	JUSTO	100%			= 0 %	= 0 %
	MALO	-			]0% - 5%]	= 0 %
	MUY MALO	-			]5% - 10%]	= 0 %
		-				> 0%

Figura B.7.3: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: UdeC(2019k).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.8. Rut Depth

En la figura B.9.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la regularidad transversal en pavimentos flexibles.

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.		

Figura B.8.1: *Ficha técnica para evaluar la regularidad transversal del pavimento*

Fuente: Elaboración propia.

El protocolo de calificación para evaluar cada sección (50 m) se presenta en la figura B.8.2 :

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

Figura B.8.2: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia.

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.8.3 :

(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%				

Figura B.8.3: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la calificación del indicador técnico utilizando información histórica de las carreteras interurbanas consideradas, se distinguen dos casos:

1. Se considera el umbral máximo permitido por las base de licitación de cada contrato y se genera un protocolo de calificación ficticio. El objetivo es visualizar el nivel de cumplimiento de los estándares exigidos en el respectivo contrato así como la distribución de secciones en cada categoría de calificación.
2. Se considera el protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio, de acuerdo a la ficha técnica y protocolo de calificación (figuras B.9.1, B.8.2 y B.8.3).

B.8.0.0.1. Concesión zona norte

B.8.0.0.1.1. Evaluación considerando el umbral de la base de licitación correspondiente

Considerando que el ahuellamiento máximo permitido, según la base de licitación correspondiente, es de 15 mm, se genera un protocolo de calificación en el cual 15 mm es el límite superior de la calificación “justo” y se construyen intervalos de igual amplitud para definir secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” como se presenta en la figura B.8.4.

(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 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 20.0

Figura B.8.4: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.8.1, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 94.60 % de las secciones de la Concesión norte tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 5.0 mm en el año 2013.

Tabla B.8.1: Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0 , 5.0[	94.60	88.83	87.57	71.94	84.09
[5.0 , 10.0[	5.40	9.81	12.43	24.29	15.55
[10.0 , 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00
> 20.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.8.1 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 10 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 10 y 15 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 15 mm).

Como se muestra en la figura B.8.5, la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” y a excepción del año 2016 no existen secciones con calificaciones “malo” y “muy malo”.

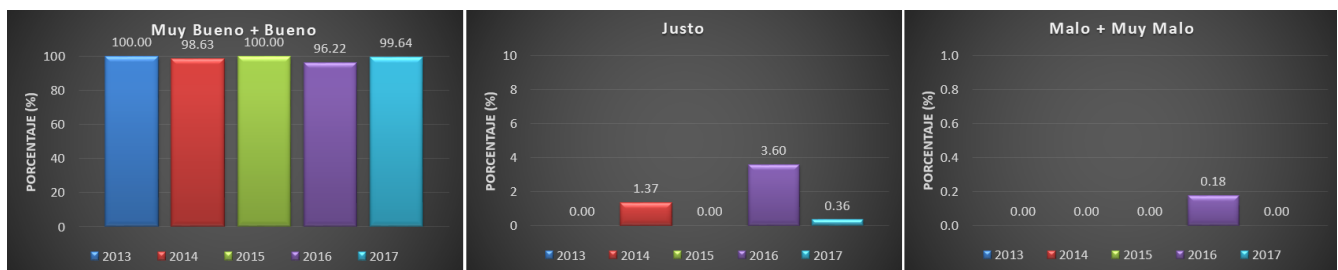


Figura B.8.5: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera el protocolo de calificación global de la carretera (tabla B.8.2), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla B.8.3.

Tabla B.8.2: Protocolo de calificación global del indicador.

		Rangos de Rut Depth en mm.				
		[0.0 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 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%				

Tabla B.8.3: *Calificación global del indicador ahuellamiento.*

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0 , 5.0[	94.60	88.83	87.57	71.94	84.09
[5.0 , 10.0[	5.40	9.81	12.43	24.29	15.55
[10.0 , 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00
> 20.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

Se observa que para todos años, en los cuales se dispone de información, la calificación global del indicador es “Bueno” o “Muy Bueno”, lo que da cuenta del cumplimiento de la exigencias establecidas en la respectiva base de licitación del contrato (a excepción de un porcentaje muy bajo de secciones en el año 2016).

B.8.0.0.1.2. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) se presenta en la figura B.8.6 . Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.8.4 , donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 80.51 % de las secciones de la concesión norte tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 4.0 mm en el año 2013.

(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

Figura B.8.6: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.8.4: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.*

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0 , 4.0[	80.51	80.93	71.56	61.20	69.66
[4.0 , 7.0[	19.13	14.64	27.21	25.93	26.48
[7.0 , 10.0]	0.35	3.06	1.23	9.10	3.50
]10.0 , 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.8.4 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura B.9.4), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 7 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 7 y 10 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 10 mm).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

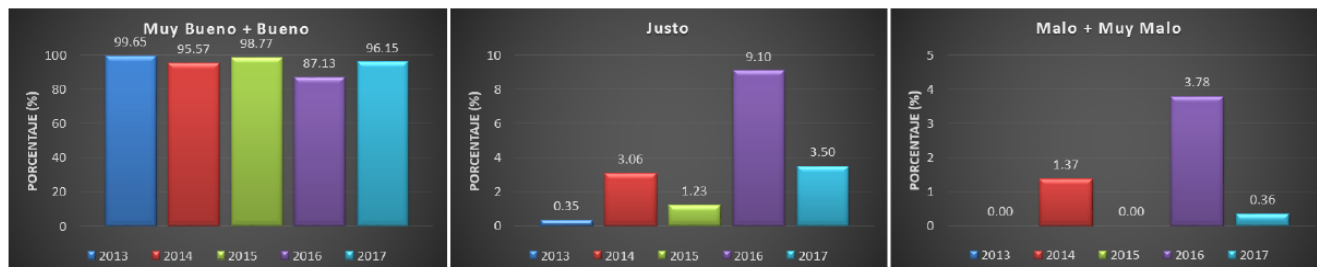


Figura B.8.7: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.8.8), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla B.9.2.

(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%				

Figura B.8.8: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.8.5: Calificación global del indicador ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
[0.0 , 4.0[	80.51	80.93	71.56	61.20	69.66
[4.0 , 7.0[	19.13	14.64	27.21	25.93	26.48
[7.0 , 10.0]	0.35	3.06	1.23	9.10	3.50
]10.0 , 15.0]	0.00	1.37	0.00	3.60	0.36
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	MALO	BUENO	MUY MALO	BUENO

B.8.0.0.2. Concesión zona centro

B.8.0.0.2.1. Evaluación considerando el umbral de la base de licitación correspondiente

Considerando que el ahuellamiento máximo permitido, según la base de licitación correspondiente, es de 15 mm, se genera un protocolo de calificación en el cual 15 mm es el límite superior de la calificación “justo” y se construyen intervalos de igual amplitud para definir secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” como se presenta en la figura B.8.9.

(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 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 20.0

Figura B.8.9: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.8.6, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 90.11 % de las secciones de la concesión centro tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 5.0 mm en el año 2013.

Tabla B.8.6: Evolución temporal del porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0 , 5.0[	90.11	75.11
[5.0 , 10.0[	9.83	24.32
[10.0 , 15.0]	0.06	0.58
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00
> 20.0	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.8.6 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente, se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 10 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 10 y 15 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 15 mm).

Como se muestra en la figura B.8.10, la gran mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” y no existen secciones con calificaciones “malo” y “muy malo”.

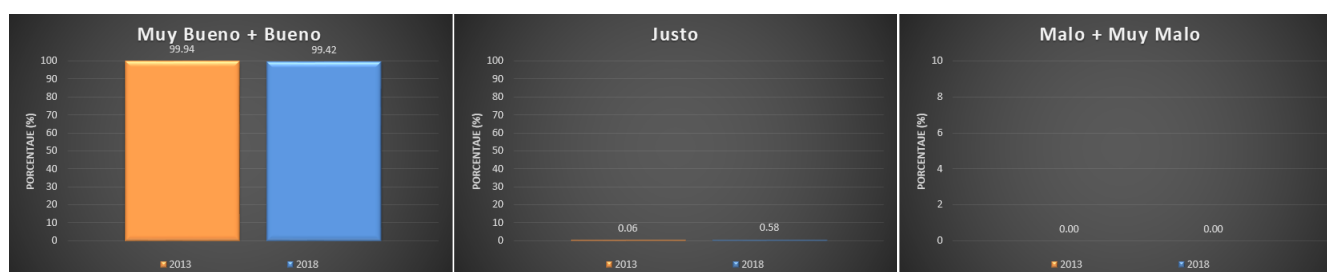


Figura B.8.10: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera el protocolo de calificación global de la carretera (tabla B.8.7), las calificaciones obtenidas para los años 2013 y 2018 se muestran en la tabla B.8.8.

Tabla B.8.7: Protocolo de calificación global del indicador.

		Rangos de Rut Depth en mm.				
		[0.0 , 5.0[	[5.0 , 10.0[	[10.0 , 15.0]	]15.0 , 20.0]	> 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%				

Tabla B.8.8: *Calificación global del indicador ahuellamiento.*

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0 , 5.0[	90.11	75.11
[5.0 , 10.0[	9.83	24.32
[10.0 , 15.0]	0.06	0.58
]15.0 , 20.0]	0.00	0.00
> 20.0	0.00	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	MUY BUENO

Se observa que la calificación global del indicador es “Muy Bueno”, lo que da cuenta del cumplimiento de la exigencias establecidas en la respectiva base de licitación del contrato.

B.8.0.0.2.2. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) se presenta en la figura B.8.11. Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.8.9, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 72.11 % de las secciones de la concesión centro tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 4.0 mm en el año 2013.

(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

Figura B.8.11: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.8.9: Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0, 4.0[	72.11	58.13
[4.0, 7.0[	27.35	34.60
[7.0, 10.0]	0.47	6.69
]10.0, 15.0]	0.06	0.58
> 15.0	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.8.9 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura B.8.12), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 7 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 7 y 10 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 10 mm).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

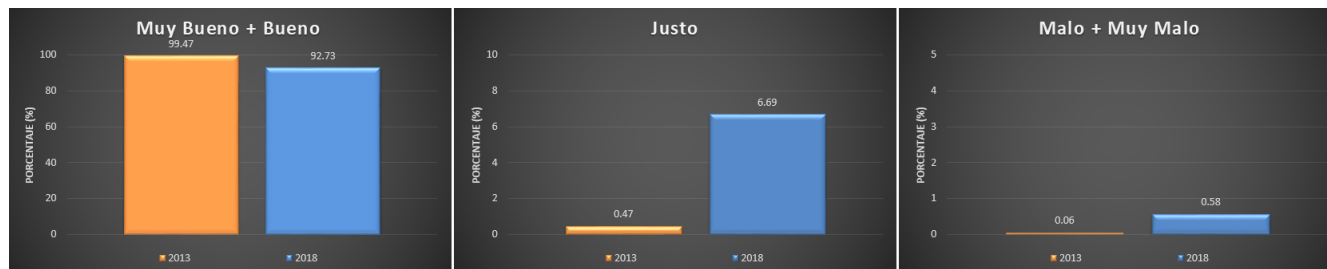


Figura B.8.12: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.8.13), las calificaciones obtenidas para los años 2013 y 2018 se muestran en la tabla B.8.10.

(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%				

Figura B.8.13: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.8.10: Calificación global del indicador ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año	
	2013	2018
[0.0 , 4.0[	72.11	58.13
[4.0 , 7.0[	27.35	34.60
[7.0 , 10.0]	0.47	6.69
]10.0 , 15.0]	0.06	0.58
> 15.0	0.00	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	MALO

B.8.0.0.3. Concesión zona sur

B.8.0.0.3.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

Considerando que el ahuellamiento máximo permitido, según la base de licitación correspondiente, es de 10 mm, resulta coincidente con el límite definido para la calificación “justo” en la propuesta del indicador técnico, por lo que la evaluación se realiza directamente considerando dicho protocolo.

El protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) se presenta en la figura B.8.14 . Los resultados del procesamiento de datos se presentan en la tabla B.8.11 , en la cual se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de ahuellamiento definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 84.51 % de las secciones de la concesión sur tienen un ahuellamiento entre 0.0 y 4.0 mm en el año 2013.

(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

Figura B.8.14: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.8.11: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de ahuellamiento.*

Rango de ahuellamiento (mm)	Año			
	2013	2015	2016	2017
[0.0 , 4.0[	84.51	79.19	73.40	74.00
[4.0 , 7.0[	15.16	18.41	23.07	22.60
[7.0 , 10.0]	0.34	2.40	3.53	3.13
]10.0 , 15.0]	0.00	0.00	0.00	0.27
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.8.11 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura B.8.15), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0 y 7 mm).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 7 y 10 mm).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (mayor a 10 mm).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

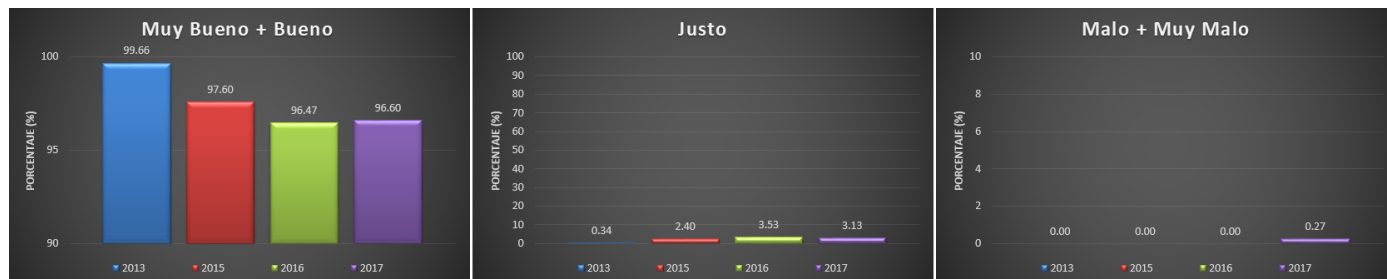


Figura B.8.15: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.8.16), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla B.8.12.

(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%				

Figura B.8.16: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.8.12: Calificación global del indicador ahuellamiento.

Rango de ahuellamiento (mm)	Año			
	2013	2015	2016	2017
[0.0 , 4.0[	84.51	79.19	73.40	74.00
[4.0 , 7.0[	15.16	18.41	23.07	22.60
[7.0 , 10.0]	0.34	2.40	3.53	3.13
]10.0 , 15.0]	0.00	0.00	0.00	0.27
> 15.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	MUY BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

B.9. SFC equivalente

En la figura B.9.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la resistencia al deslizamiento en pavimentos.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica		
CARACTERÍSTICA	Resistencia al deslizamiento de la Capa de Rodadura		
IDENTIFICADOR	PL-CA-FT6		
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la resistencia al deslizamiento en la capa de rodadura (PL-CA-IT6)		
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción		
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA	
SFC equivalente	-	Anual	
NORMATIVAS DE REFERENCIA			
Medición de fricción con Grip Tester, Numeral 8.502.18 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018.			
Medición de fricción con Scrim Numeral, 8.502.17 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018.			
ASTM E2340M-15 Runway Friction Tester.			
EQUIPOS DE MEDICIÓN			
Grip Tester (Norma 8.502.18); SCRIM (Norma 8.502.17); Runway Friction Tester (ASTM E2340.M-15)			
METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES			
Los procedimientos de medición se realizarán de acuerdo a las normas 8.502.17 y 8.502.18. Previamente se deberá verificar la repetibilidad y reproducibilidad de la flota de equipos mediante el estándar 8.502.20 del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018. En el caso en que la medición se desarrolle con un equipo distinto del equipo SCRIM, se deberán aplicar los coeficientes de homologación mediante el procedimiento descrito en el estándar 8.503.19 del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018. Las mediciones se procesan para una longitud de muestreo de 50 m.			
La ITO deberá verificar si los valores de fricción obtenidos se encuentran sobre los umbrales de alerta o intervención, según sea el caso, de acuerdo a lo especificado en las tablas 6.203.303(1) y 6.203.303.B del Volumen 6 del Manual de Carreteras, Edición 2018.			
La medición descrita, se debe realizar en todas las pistas del área de concesión exceptuando las vías de servicio.			

Figura B.9.1: *Ficha técnica para evaluar la resistencia al deslizamiento del pavimento*

Fuente: UdeC(2019m).

El protocolo de calificación para evaluar cada sección (50 m) se presenta en la figura B.9.2 :

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Cada sección se define como 50 m de pista , y 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 SFC equivalente de dicha sección				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
]0.65 , 1.00]	]0.55 , 0.65]	]0.40 , 0.55]	]0.20 , 0.40]	]0.00 , 0.20]

Figura B.9.2: *Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.*

Fuente: UdeC(2019m)

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.9.3 :

(II) Calificación global del indicador en base al porcentaje de secciones en cada rango de SFC equivalente						
		Rangos de SFC equivalente				
		]0.65, 1.00[	]0.55, 0.65]	]0.40, 0.55]	]0.20, 0.40]	]0.00, 0.20]
Calificación global del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	≤ 50 %	≤ 5 %	= 0.0%	= 0.0%
	Bueno	≥ 50 %		< 50 %	= 0.0%	= 0.0%
	Justo	100%			= 0.0%	= 0.0%
	Malo	≤ 100 %			]0.0, 5.0]	= 0.0%
	Muy malo	100%				

Figura B.9.3: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: UdeC(2019m).

B.9.0.0.1. Concesión zona norte**B.9.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio**

Considerando el protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) (figura B.9.2), en la tabla B.9.1 se presentan los resultados del procesamiento de datos, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de SFC equivalente definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 34.47 % de las secciones de la concesión zona norte tienen un SFC equivalente entre 0.65 y 1.00 en el año 2013.

Tabla B.9.1: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de SFC equivalente.*

SFC equivalente	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
]0.65 , 1.00]	34.47	55.57	23.03	50.29	79.20
]0.55 , 0.65]	42.88	28.39	39.39	32.91	17.50
]0.40 , 0.55]	22.59	16.04	37.56	16.78	3.30
]0.20 , 0.40]	0.07	0.00	0.02	0.02	0.00
[0.00 , 0.20]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.9.1 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura B.9.4), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0.55 y 1.00).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 0.40 y 0.55).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (entre 0.00 y 0.40).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

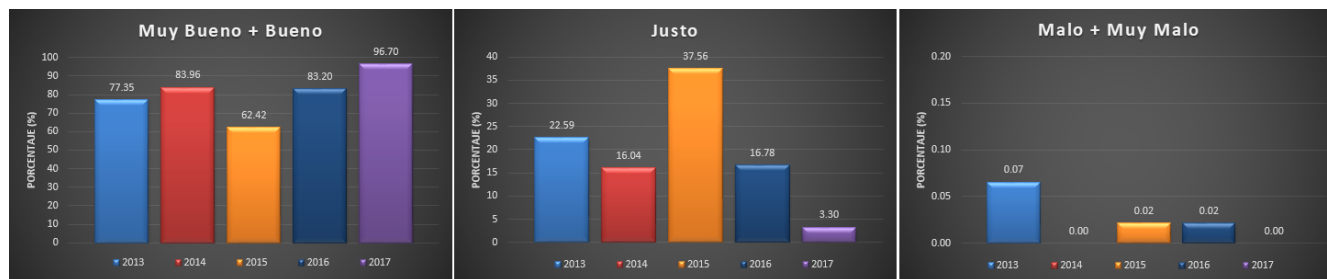


Figura B.9.4: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.9.5), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla B.9.2.

(II) Calificación global del indicador en base al porcentaje de secciones en cada rango de SFC equivalente						
		Rangos de SFC equivalente				
		[0.65, 1.00[	]0.55, 0.65]	]0.40, 0.55]	]0.20, 0.40]	]0.00, 0.20]
Calificación global del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	≤ 50 %	≤ 5 %	= 0.0%	= 0.0%
	Bueno	≥ 50 %		< 50 %	= 0.0%	= 0.0%
	Justo	100%			= 0.0%	= 0.0%
	Malo	≤ 100 %			]0.0, 5.0]	= 0.0%
	Muy malo	100%				

Figura B.9.5: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.9.2: Calificación global del indicador SFC equivalente.

SFC equivalente	Año				
	2013	2014	2015	2016	2017
]0.65, 1.00]	34.47	55.57	23.03	50.29	79.20
]0.55, 0.65]	42.88	28.39	39.39	32.91	17.50
]0.40, 0.55]	22.59	16.04	37.56	16.78	3.30
]0.20, 0.40]	0.07	0.00	0.02	0.02	0.00
]0.00, 0.20]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	MALO	BUENO	MALO	MALO	BUENO

B.9.0.0.2. Concesión zona centro**B.9.0.0.2.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio**

Considerando el protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) (figura B.9.2), en la tabla B.9.3 se presentan los resultados del procesamiento de datos, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de SFC equivalente definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 35.66 % de las secciones de la concesión zona centro tienen un SFC equivalente entre 0.65 y 1.00 en el año 2013.

Tabla B.9.3: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de SFC equivalente.*

SFC equivalente	Año	
	2013	2018
]0.65 , 1.00]	35.66	69.79
]0.55 , 0.65]	33.61	26.45
]0.40 , 0.55]	30.34	3.76
]0.20 , 0.40]	0.39	0.00
[0.00 , 0.20]	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.9.3 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura B.9.6), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0.55 y 1.00).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 0.40 y 0.55).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (entre 0.00 y 0.40).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.



Figura B.9.6: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.9.7), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla B.9.4.

(II) Calificación global del indicador en base al porcentaje de secciones en cada rango de SFC equivalente							
		Rangos de SFC equivalente					
		]0.65, 1.00[	]0.55, 0.65]	]0.40, 0.55]	]0.20, 0.40]	]0.00, 0.20]
Calificación global del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	< 50 %	< 5 %	= 0.0%	= 0.0%	
	Bueno	≥ 50 %		< 50 %	= 0.0%	= 0.0%	
	Justo	100%				= 0.0%	= 0.0%
	Malo	≤ 100 %			]0.0, 5.0]	= 0.0%
	Muy malo	100%					

Figura B.9.7: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.9.4: Calificación global del indicador SFC equivalente.

SFC equivalente	Año	
	2013	2018
]0.65, 1.00]	35.66	69.79
]0.55, 0.65]	33.61	26.45
]0.40, 0.55]	30.34	3.76
]0.20, 0.40]	0.39	0.00
]0.00, 0.20]	0.00	0.00
Calificación Global	MALO	BUENO

B.9.0.0.3. Concesión zona sur**B.9.0.0.3.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio**

Considerando el protocolo de calificación para evaluar cada sección de la carretera (50 m) (figura B.9.2), en la tabla B.9.5 se presentan los resultados del procesamiento de datos, donde se muestra el porcentaje de secciones de la carretera dentro de cada rango de SFC equivalente definido y para un determinado año. Por ejemplo, el 30.92 % de las secciones de la concesión zona sur tienen un SFC equivalente entre 0.65 y 1.00 en el año 2010.

Tabla B.9.5: *Evolución temporal de la distribución de porcentaje de secciones dentro de cada rango de SFC equivalente.*

SFC equivalente	Año						
	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2017
]0.65 , 1.00]	30.92	44.20	75.77	70.57	90.94	67.02	64.36
]0.55 , 0.65]	35.26	44.55	22.96	25.57	8.61	28.91	34.09
]0.40 , 0.55]	33.70	11.25	1.26	3.86	0.45	4.08	1.54
]0.20 , 0.40]	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
]0.00 , 0.20]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando los resultados presentados en la tabla B.9.5 y, con el objetivo de visualizarlos gráficamente (figura B.9.8), se agrupan en tres casos:

1. Porcentaje de secciones con calificación “muy bueno” y “bueno” (entre 0.55 y 1.00).
2. Porcentaje de secciones con calificación “justo” (entre 0.40 y 0.55).
3. Porcentaje de secciones con calificación “malo” y “muy malo” (entre 0.00 y 0.40).

Se observa que la mayoría de las secciones se encuentran en los rangos definidos como “muy bueno” y “bueno”, porcentajes mucho menores se encuentran en el rango definido como “justo” de la misma forma que las calificaciones en las categorías “malo” y “muy malo” son aún menores.

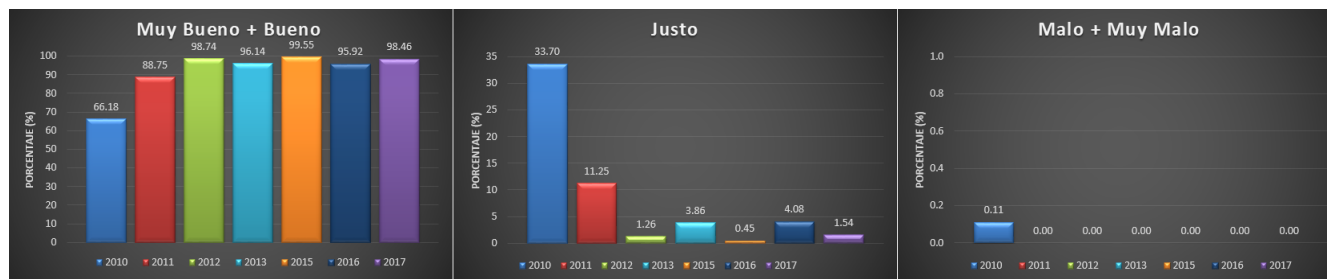


Figura B.9.8: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Si se considera el protocolo de calificación global del indicador (tabla B.9.9), las calificaciones obtenidas para los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla B.9.6.

(II) Calificación global del indicador en base al porcentaje de secciones en cada rango de SFC equivalente						
		Rangos de SFC equivalente				
		[0.65, 1.00[	]0.55, 0.65]	]0.40, 0.55]	]0.20, 0.40]	]0.00, 0.20]
Calificación global del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	≤ 50 %	≤ 5 %	= 0.0%	= 0.0%
	Bueno	≥ 50 %		< 50 %	= 0.0%	= 0.0%
	Justo	100%			= 0.0%	= 0.0%
	Malo	≤ 100 %			]0.0, 5.0]	= 0.0%
	Muy malo	100%				

Figura B.9.9: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Elaboración propia

Tabla B.9.6: Calificación global del indicador SFC equivalente.

SFC equivalente	Año						
	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2017
]0.65, 1.00]	30.92	44.20	75.77	70.57	90.94	67.02	64.36
]0.55, 0.65]	35.26	44.55	22.96	25.57	8.61	28.91	34.09
]0.40, 0.55]	33.70	11.25	1.26	3.86	0.45	4.08	1.54
]0.20, 0.40]	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
]0.00, 0.20]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calificación Global	MALO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

B.10. Índice de condición de bermas

En la figura B.10.1 y ?? se presenta la ficha técnica que permite evaluar la condición general de la berma.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Condición general de la Berma	
IDENTIFICADOR	PL-BE-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la condición de la berma (PL-BE-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de bermas (ICB)	número de secciones	Anual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
AASHTO PP 68 - Collecting Images of Pavement Surfaces for Distress Detection.		
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).		
Instructivo de caminos pavimentados, Dirección de Vialidad.		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
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.		
Inspección visual de imágenes obtenidas del pavimento recolectadas según normativa AASHTO PP-68.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La evaluación de este indicador implica el registro y/o medición de cuatro tipos de deterioro:		
- Baches en bermas.		
- Erosión de borde de la berma.		
- Descenso de la berma respecto a la pista.		
- Separación de la berma con respecto a la pista.		
Estos deterioros serán identificados de acuerdo a la definición entregada por el Instructivo de Inspección Visual de Caminos Pavimentados.		
Las mediciones se realizarán en tramos de 50 [m].		
Todos los deterioros serán detectados y/o medidos según corresponda mediante la medición del perfil transversal, basándose en la metodología de su medición en la norma AASHTO PP-70. El espaciamiento longitudinal máximo de los perfiles transversales es de 0.25 [m] y el intervalo resumen de 50 [m].		
El equipo de medición debe ser un perfilómetro T1111 según ASTM E-1656, validándose según el protocolo establecido por la normativa AGAM-T014-16.		
El número de baches y la presencia de erosión de borde de la berma deben ser verificados mediante inspección visual de imágenes, siendo éstas recolectadas según AASHTO PP-68.		

Figura B.10.1: *Ficha técnica para evaluar la condición general de bermas.*

Fuente: UdeC(2019a).

El protocolo de calificación global para evaluar el indicador se presenta en la figura B.10.2 :

PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN				
Para que una sección se declare en estado de incumplimiento, basta que se de alguna de las siguientes condiciones:				
<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de baches - Presencia de erosión de borde de berma. - Separación de berma superior a 10 [mm]. - Descenso de la berma superior a 10 [mm]. 				
El Índice de Condición de Bermas ICB se define como el número de secciones con bermas en estado de incumplimiento.				
NIVEL DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
ICBVS (número de secciones)				
0	1	2	3	≥4

Figura B.10.2: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: UdeC(2019a).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.11. Índice de condición de SAP

En la figura B.11.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar condición del SAP.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Condición del SAP	
IDENTIFICADOR	PL-SA-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la condición del SAP (PL-SA-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de SAP	mm	Anual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
Anexo Catalogo de deterioro de pavimentos del Manual de Carreteras Volumen 7.		
Manual de Carreteras Volumen 3, Edición 2018.		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Regla normalizada. Inspección Visual.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
Se define como condición del SAP las características ancho, desnivel y erosión. El ancho del SAP, tanto interior como exterior, debe cumplir en todo momento con los mínimos dispuestos en la Tabla 3.301.1.A del MC-V3, Edición 2018. Se define el descenso como la diferencia de altura entre el borde externo de la berma y el SAP. Se establecerá la diferencia de nivel entre el borde de la berma y el SAP por hectómetro fijo, mediante el promedio simple de mediciones distanciadas a no más de 20 metros. Se considerarán sectores exentos de la medición aquellos donde el SAP se encuentre confinado por soleras. No puede existir erosión dentro del ancho mínimo del SAP interior y exterior. La verificación de ancho mínimo y erosión se realizará por hectómetro lineal.		
Para cada hectómetro lineal inspeccionado, se considerará el nivel de desempeño del peor indicador como el nivel de desempeño del tramo.		

Figura B.11.1: *Ficha técnica para evaluar la condición del SAP.*

Fuente: UdeC(2019b).

El protocolo de calificación para evaluar cada sección (100 m) se presenta en la figura B.11.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Desnivel [mm]				
0	]0 - 10]	]10 - 30]	]30 - 50]	> 50
Ancho SAP interior []				
Cumple ancho mínimo y no existe erosión	Cumple ancho mínimo y no existe erosión	Cumple ancho mínimo y no existe erosión	No cumple ancho mínimo o existe erosión	No cumple ancho mínimo o existe erosión
Ancho SAP exterior []				
Cumple ancho mínimo y no existe erosión	Cumple ancho mínimo y no existe erosión	Cumple ancho mínimo y no existe erosión	No cumple ancho mínimo o existe erosión	No cumple ancho mínimo o existe erosión

Figura B.11.2: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: UdeC(2019b).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.11.3 :

		Porcentaje de secciones dentro de cada rango				
		Muy Bueno	Bueno	Justo	Malo	Muy malo
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	= 0	= 0	= 0
	Bueno	≥ 50		< 50	= 0	= 0
	Justo	100%			= 0	= 0
	Malo	-			]0,0, 5,0]	= 0
	Muy malo	100%				

Figura B.11.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: UdeC(2019b).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.12. Índice de condición de mediana

En la figura B.12.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desnivel de la mediana.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Desnivel mediana	
IDENTIFICADOR	PL-ME-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la condición de la mediana (PL-ME-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de mediana	mm	Anual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
Anexo Catalogo de deterioro de pavimentos del Manual de Carreteras Volumen 7, Edición 2018.		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Regla normalizada.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
<p>Se definen 3 casos para estimar la condición de la mediana.</p> <p>-Mediana como parte de la plataforma: En este caso la condición de la mediana está dada por la condición de la barrera de contención, la cual esta dada por la integridad y funcionalidad estimada en la ficha ES-BC-FT1</p> <p>-Mediana no es parte de la plataforma y existen barreras de contención: En este caso la condición de la mediana esta dada por la condición de la barrera la cual esta dada por la integridad y funcionalidad estimada en la ficha ES-BC-FT1. y la condición del SAP interior, de acuerdo a la ficha PL-SA-FT1, según la cual se estima la condición del SAP, considerando la erosión, el desnivel y el ancho mínimo del SAP.</p> <p>-Mediana no es parte de la plataforma y no existen barreras de contención: En este caso la condición de la mediana esta dada por la condición del SAP interior, de acuerdo a la ficha PL-SA-FT1, según la cual se estima la condición del SAP, considerando la erosión, el desnivel y el ancho mínimo del SAP, y el desnivel existente entre la mediana y el borde exterior del pavimento, para el que aplica esta ficha. Se define además el desnivel como la diferencia de altura entre el borde externo del pavimento y la mediana. Se establecerá la diferencia de nivel entre el borde del pavimento y la mediana por hectómetro fijo, mediante el promedio simple de mediciones distanciadas a no más de 20 m.</p>		

Figura B.12.1: Ficha técnica para evaluar el desnivel de la mediana.

Fuente: UdeC(2019c).

El protocolo de calificación para evaluar cada sección (100 m) se presenta en la figura B.12.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Desnivel (mm)				
0	]0-5]	]5-10]	]10-30]	>30

Figura B.12.2: Protocolo de calificación para cada sección de la carretera.

Fuente: UdeC(2019c).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.12.3 :

		Porcentaje de secciones dentro de cada rango				
		0	]0-5]	]5 -10]	]10-30]	> 30
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	< 50 %	<5 %	= 0 %	= 0 %
	Bueno	≥ 50 %		< 50 %	= 0 %	= 0 %
	Justo	100%			= 0 %	= 0 %
	Malo	-			]0,0, 5,0]	= 0 %
	Muy malo	100%				

Figura B.12.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: UdeC(2019c).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.13. Luminancia media - Uniformidad global de la iluminación exterior

En la figura B.13.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la luminancia media y la uniformidad global de la iluminación exterior.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Nivel de Iluminación y Uniformidad Global	
IDENTIFICADOR	IL-IL-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de nivel de servicio asociados al sistema de iluminación (IL-IL-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Luminancia Media (Lav)	cd/m ²	Anual
Uniformidad Global (Uo)	-	
NORMATIVA DE REFERENCIA		
Manual de Carreteras, Volumen N°6 Seguridad Vial, Capítulo 6.7 Iluminación Vial, Dirección de Vialidad		
CIE: 140-2000 Road Lighting Calculations		
UNE-EN 13201:4 Métodos de Medida de las prestaciones fotométricas.		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
La medición se realizará con un ILMD (<i>Imaging Luminance Meter Device</i> , Dispositivo de Medición de Luminancia de Imagen), calibrado y con resolución suficiente para realizar mediciones puntuales con ángulo sólido cónico no mayor de 2° en la vertical y no más de 20° en la horizontal. El instrumento debe medir en HDR (<i>High Dynamic Range</i> , Alto rango dinámico) con el fin de permitir la medición de Luminancia de Velo para cálculo del Incremento de Umbral (TI).		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La medición se realizará de forma continua en todos los tramos homogéneos, con una medición de la zona de cálculo normativa utilizada para el cálculo fotométrico. La posición nominal de los puntos de la grilla en los cuales se toman las mediciones, así como las posiciones nominales del observador, deben ser las indicadas en el Anexo 6.700A del Manual de Carreteras. Si algún punto se encuentra situado en la sombra de un objeto (árbol) o en una mancha de aceite, no se debe considerar en los cálculos de luminancia media y valores de uniformidad. Se debe realizar una medición por zona con el ILDM, para cada pista y posición del observador.		
La medición debe realizarse en régimen normal de funcionamiento, las luminarias deben haber pasado su período de estabilización y el pavimento debe encontrarse seco. Se debe reducir al mínimo posible cualquier sombra o interferencia procedente del sistema de medición y operadores. Las luminarias a evaluar mediante el procedimiento descrito, corresponden a las de la vía principal.		
La evaluación del nivel de luminancia media (Lav) se realizará en conjunto con la evaluación de la uniformidad global (Uo).		

Figura B.13.1: *Ficha técnica para evaluar la luminancia media y la uniformidad global de la iluminación exterior.*

Fuente: Oyarzún (2019).

El protocolo de calificación para cada grilla se presenta en la figura B.13.2:

Rango del Indicador Luminancia Media [cd/m2]	Lav/Uo	Rango del Indicador Uniformidad Global [-]				
		$\geq Uo^{*+0.2}$	$]Uo^{*+0.2}, Uo^{*+0.1}]$	$]Uo^{*+0.1}, Uo^{*}]$	$]Uo^{*}, Uo^{*-0.1}]$	$< Uo^{*-0.1}$
$< 0.8Lav^{*}$		MUY MALO				
$[0.8Lav^{*}, 0.9Lav^{*}[$		JUSTO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
$[0.9Lav^{*}, Lav^{*}[$		BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO	MUY MALO
$[Lav^{*}, 1.2Lav^{*}[$		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
$> 1.2Lav^{*}$		MUY MALO				

*Corresponden a Lav y Uo especificados para la clase correspondiente en la tabla 6.702.3.A del capítulo 6.700 del Manual de Carreteras.

Figura B.13.2: Protocolo de calificación para cada grilla.

Fuente: Oyarzún (2019).

Para cada zona iluminada, la calificación se obtiene de acuerdo al porcentaje de grillas en cada categoría de calificación según se presenta en la tabla B.13.3:

Calificación del indicador		Porcentaje del total de tramos* dentro de cada rango				
		Muy Bueno	Bueno	Justo	Malo	Muy malo
Muy Bueno		≥ 50	< 50	$= 0$	$= 0$	$= 0$
Bueno		≥ 50		< 50	$= 0$	$= 0$
Justo		100%			$= 0$	$= 0$
Malo		-			< 10	$= 0$
Muy malo		-			≥ 10	< 5
		-				≥ 5

Figura B.13.3: Protocolo de calificación para cada zona de la carretera.

Fuente: Oyarzún (2019).

La calificación global que ingresa al modelo de nivel de servicio, se obtiene como la peor nota obtenida dentro de las zonas iluminadas que exista en la concesión.

Adicionalmente, se define una señal de control de acuerdo a lo presentado en la figura B.13.4:

<p>Se define una señal de control que permita evaluar el desempeño del sistema de iluminación de manera mensual, en lo que respecta al servicio prestado al usuario, como el número de luminaria-día apagadas o visiblemente dañadas que se contabilicen durante el mes en curso en toda el área de concesión. Existirá un plazo de reposición de 1 día, en caso de que la falla sea una luminaria defectuosa y 3 días si la falla se debe a otro tipo de componentes (por ejemplo la postación). Se contabilizarán aquellas fallas que, una vez reportadas, no se reparen dentro del plazo de reposición. De acuerdo al resultado de esta señal de control, se afectará a cada uno de los indicadores de la siguiente manera:</p>	
0 luminaria-día	Los indicadores mantienen el nivel de desempeño, de acuerdo al resultado del procedimiento y conformidades indicadas anteriormente.
1 luminaria-día	Reduce en un nivel el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.
2 luminaria-día	Reduce en dos niveles el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.
3 luminaria-día	Reduce en tres niveles el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.
4 luminaria-día	Reduce en cuatro niveles el desempeño de los indicadores de Nivel de iluminación/Uniformidad global y Uniformidad longitudinal.

Figura B.13.4: *Señal de control para evaluar la luminancia media y la uniformidad global de la iluminación exterior*

Fuente: Oyarzún (2019).

Dado que a partir de los datos históricos no es posible evaluar directamente los parámetros de iluminación (B.4), las calificaciones categóricas para este indicador técnico se asumen iguales a las obtenidas en la sección B.4.

B.14. Índice de condición de señalización vertical preventiva y reglamentaria

En la figuras B.14.1 y B.14.2 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el nivel de desempeño de las señales verticales preventivas y reglamentarias.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Nivel de desempeño de las señales verticales preventiva y reglamentaria	
IDENTIFICADOR	SE-VP-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado al nivel de desempeño de las señales verticales (SE-VP-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de señalización vertical preventiva y reglamentaria	señales-día	Mensual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
Numeral 6.302.305 "Retrorreflexión y Luminancia en Señales" del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018. Basada en la Norma ASTM D 4956.		
Numeral 6.302.306 "Emplazamiento de las Señales Verticales" del Manual de Carreteras Volumen 6.		
Numeral 6.301.802 "Control del nivel de deterioro" del Manual de Carreteras Volumen 6.		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Retrorreflectómetro según Norma ASTM D4956 para la medición de retrorreflectancia.		
Equipo GPS para la ubicación de las señales verticales.		
Se usará una huincha o regla estandarizada para medir el área con daños en la placa para la medición de la integridad de las señales verticales.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
El nivel de desempeño de las señales verticales considera el cumplimiento de los estándares de retrorreflexión, ubicación e integridad de cada una de las señales verticales de la carretera. Se considera un incumplimiento del indicador cuando alguno de los tres estándares previamente indicados no se cumplen en los plazos de reposición establecidos.		
La medición de retrorreflexión se realizará para el total de señales verticales de la carretera, según el método indicado en el Numeral 6.302.305 del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018 y la Norma ASTM D 4956. Los indicadores mínimos a cumplir se muestran en la Tabla 6.302.305.F, del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018.		
En cuanto a la ubicación, las señales verticales deben ubicarse según la posición definida en el proyecto de señalizaciones y demarcaciones con su respectiva georreferenciación y ser inequívocamente legibles por un conductor desplazándose a la velocidad máxima permitida. La posición de la totalidad de las señales verticales deben cumplir en todo momento lo indicado en las tablas 6.302.306.A y 6.302.306.B del Manual de Carreteras Volumen 6.		
En relación a la integridad de las señales, los materiales base deben cumplir lo indicado en la Tabla 6.301.802.A del Manual de Carreteras Volumen 6. Se analizará la totalidad de las señales verticales de forma individual. Las señales verticales y sus elementos de apoyo, cualquiera sean estos, no deben tener ampollas, fisuras, escamas, desgaste, erosión, ni zonas oxidadas o vandalizadas ni pérdida de color o tono por envejecimiento o suciedad. La placa de las señales no debe tener dobleces, torceduras o abolladuras. Los elementos de sujeción de la señalización vertical deben estar presentes, íntegros, firmes y en buen estado.		
Se considera dentro de la evaluación, toda la señalización vertical preventiva y reglamentaria del área de concesión, tanto de la vía principal, los accesos, enlaces y vías de servicio.		

Figura B.14.1: Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de la señalización vertical.

Fuente: Udec (2019d).

En el caso de detectarse incumplimiento en cualquiera de las exigencias de retrorreflexión, ubicación o integridad, el concesionario deberá corregir los problemas detectados en tres (3) días, de lo contrario la señal se declara en estado de incumplimiento.
El cálculo del nivel de desempeño de las señales verticales se estima por medio de la no disponibilidad diaria de señales, según:
$X = \sum_{k=1}^d \sum_{j=1}^n I_{j,k}$
Donde:
X: Días totales de no cumplimiento de señales verticales por mes.
I_{j,k}: Es la variable que representa el estado de incumplimiento de la señal vertical "j" en el día "k". Adopta el valor 1 si la señal se encuentra en estado de incumplimiento en dicho día, en caso contrario adopta el valor 0.
k: Es el sub índice que representa el contador de los días del mes "m".
j: Es el sub índice que representa el contador de señales verticales.
d: Número total de días del mes en el cual se evalúa el indicador.
n: Número total de señales verticales.
El indicador corresponderá, por lo tanto, a la suma total de los días de incumplimiento (fuera del tiempo de reposición) de cada señal vertical declarada en dicho estado durante el mes.

Figura B.14.2: *Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de la señalización vertical (continuación).*

Fuente: UdeC(2019d).

En la figura B.14.3 se presenta el protocolo de calificación global del indicador:

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Días totales de no disponibilidad de señales verticales (X, señal-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Figura B.14.3: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: UdeC(2019d)

La información que permite caracterizar el desempeño de las señales verticales preventivas y reglamentarias durante la etapa de explotación, de las carreteras interurbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en observaciones realizadas por la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.14.4, se registra el número de identificación de la señal, el kilometraje y sentido de ubicación, el tipo de señal (reglamentaria, preventiva) y la observación que describe el problema detectado.

Nombre	KmInicio	Observaciones
Señal n° 63; Km 244.230; Lado Derecho; reglamentaria	244,230	Señal con presencia de oxido en soporte
Señal n° 204; Km 260.300; Lado Derecho; reglamentaria	260,300	señal impactada
Señal n° 226; Km 263.115; Lado Derecho; advertencia peligro	263,115	señal impactada
Señal n° 225; Km 263.200; Lado Derecho; reglamentaria	263,200	señal con adhesivo en la placa
Señal n° 268; Km 265.025; Lado Derecho; reglamentaria	265,025	desgaste en orla
Señal n° 368; Km 275.140; Lado Derecho; advertencia peligro	275,140	desgaste en orla
Señal n° 374; Km 275.285; Lado Derecho; advertencia peligro	275,285	Km 275.295Se ñal Vertical Reglamentaria con daño en postes y pérdida de verticalidad.Media.
Señal n° 384; Km 275.600; Lado Derecho; reglamentaria	275,600	señal con grafiti y desgaste
Señal n° 384; Km 275.600; Lado Derecho; reglamentaria	275,600	Señal con desgaste en lamina y daño en soporte
Señal n° 384; Km 275.600; Lado Derecho; reglamentaria	275,600	Poste de sustentacion impactado
Señal n° 398; Km 278.560; Lado Derecho; advertencia peligro	278,560	Base de señal preventiva se encuentra con socavacion
Señal n° 400; Km 278.870; Lado Derecho; reglamentaria	278,870	señal con desgaste en lamina
Señal n° 410; Km 279.500; Lado Derecho; reglamentaria	279,500	Km 279.450Se ñal Vertical Reglamentaria con pérdida de verticalidad.Media.
Señal n° 459; Km 280.500; Lado Derecho; reglamentaria	280,500	Señales reglamentarias ubicadas en mediana y calzada izquierda presentan desgaste de pintura
Señal n° 468; Km 281.050; Lado Derecho; reglamentaria	281,050	Km 281.020Se ñal Vertical Reglamentaria con pérdida de verticalidad.Media.

Figura B.14.4: *Ejemplo de información histórica de concesiones para señales verticales preventivas y reglamentarias.*

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

La naturaleza de las observaciones no cuenta con mediciones de retroreflexión mediante un Retroreflectómetro normado (Norma ASTM D4956), tampoco cuenta con la ubicación de las señales mediante un Equipo GPS ni con las mediciones de daños en la placa para evaluar la integridad como se establece en la ficha técnica; sin embargo, es posible clasificarlas según el tipo de incumplimiento (Retroreflexión, Ubicación, Integridad). Para obtener la calificación del indicador técnico utilizando estos datos se consideraron los siguientes criterios:

1. Si las observaciones hacen referencia a un problema de limpieza de la placa que afecta la retroreflexión, por ejemplo: “señal sucia”, se asocia a un incumplimiento de Retroreflexión.
2. Si las observaciones hacen referencia a un emplazamiento inadecuado de una señal, por ejemplo: “falta de señal vertical”, se asocia a un incumplimiento de Ubicación.
3. Si las observaciones hacen referencia a un daño en la placa o en alguno de los elementos que constituyen la señal vertical, por ejemplo: “daño en el poste”, “desgate”, “grafitti” o similar, se asocia a un incumplimiento de Integridad.

Luego de establecer estos criterios, se calcula el nivel de desempeño para cada concesión.

B.14.0.0.1. Concesión zona norte

B.14.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de días totales de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.14.1 se observan estos resultados.

Tabla B.14.1: *Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
2014	0	3	13	8	3	15	10	7	3	1	6	2	71
2015	1	0	3	0	4	9	2	0	4	3	6	0	32
2016	1	1	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	9
2017	1	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	6
2018	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.14.2, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2013 al 2018 se muestran en la tabla B.14.3.

Tabla B.14.2: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Días totales de no disponibilidad de señales verticales (X, señal-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.14.3: *Calificación global para el indicador de señales verticales preventivas y reglamentarias.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2014	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	BUENO	MUY MALO	JUSTO
2015	BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MALO	MUY MALO	MUY BUENO
2016	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	JUSTO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.14.0.0.2. Concesión zona centro

B.14.0.0.2.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de días totales de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.14.4 se observan estos resultados.

Tabla B.14.4: *Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2014	0	0	0	2	6	1	0	6	1	0	10	0	26
2015	1	0	10	0	0	9	8	0	4	2	3	2	39
2016	6	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	10
2017	4	0	0	0	8	3	2	0	0	0	0	0	17
2018	9	0	5	0	6	0	5	0	0	0	0	0	25

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.14.5, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2014 al 2018 se muestran en la tabla B.14.6.

Tabla B.14.5: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Días totales de no disponibilidad de señales verticales (X, señal-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.14.6: *Calificación global para el indicador de señales verticales preventivas y reglamentarias.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO
2015	BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	JUSTO	MALO	JUSTO
2016	MUY MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.14.0.0.3. Concesión zona sur

B.14.0.0.3.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de días totales de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.14.7 se observan estos resultados.

Tabla B.14.7: *Cantidad de días de no disponibilidad de señales verticales preventivas y reglamentarias.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2014	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2015	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0	5
2016	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
2018	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.14.8, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2014 al 2018 se muestran en la tabla B.14.9.

Tabla B.14.8: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Días totales de no disponibilidad de señales verticales (X, señal-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.14.9: *Calificación global para el indicador de señales verticales preventivas y reglamentarias.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2016	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
2018	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.15. Índice de condición de demarcaciones planas

En la figuras B.15.1 y B.15.2 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el nivel de desempeño de las demarcaciones planas.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica		
CARACTERÍSTICA	Integridad y funcionalidad de las demarcaciones planas		
IDENTIFICADOR	SE-DP-FT1		
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado al nivel de desempeño de señales horizontales planas (SE-DP-IT1)		
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción		
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA	
Índice de condición de demarcaciones planas	hectómetro-día	Mensual	
NORMATIVAS DE REFERENCIA			
Numeral 6.303.301(1) "Visibilidad Nocturna para Demarcaciones Planas" del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018.			
Numeral 6.303.3 "Requisitos de desempeño para las demarcaciones" del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018			
Numeral 6.302.308 "Materiales Base de Señales, Placas y Letreros" del Manual de Carreteras Volumen 6.			
EQUIPOS DE MEDICIÓN			
Retroreflectómetro dinámico montado en un vehículo. ASTM E1710. Retroreflectómetro según numeral 8.602.17 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018.			
Péndulo Británico según Numeral 8.502.16 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018			
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES			
El nivel de desempeño de las demarcaciones planas considera el cumplimiento de los estándares de retroreflexión, resistencia al deslizamiento, luminancia y relación de contraste de cada una de las secciones definidas, considerando una falta el no cumplir cualquiera de los estándares previamente indicados en los plazos de reposición establecidos.			
Las demarcaciones deberán cumplir las condiciones de visibilidad nocturna indicados en la Tabla 6.303.301.A y 6.303.301.B. La medición debe ser continua. Para el cálculo de los niveles de desempeño, se considerarán tramos de cien (100) metros. En caso de existir tres mediciones consecutivas bajo los requerimientos mínimos indicados en el numeral 6.303.301 del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018, o si la retroreflectancia media del tramo es menor al valor de los requerimientos mínimos indicados en el numeral 6.303.301 del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018, sumado a la desviación estándar establecida según el número de mediciones realizadas en el tramo por un factor estadístico, el tramo completo se considera en incumplimiento. Este procedimiento se encuentra explícito en el punto 5.2.2 del numeral 8.602.17 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018. En el caso de símbolos, flechas y textos, estos deben ser medidos en su totalidad, como un tramo aparte y todas deberán cumplir con los requerimientos.			
Las demarcaciones deberán cumplir con los valores de resistencia al deslizamiento indicados en la Tabla 6.303.301.A, según lo indicado en el ensaye del Numeral 8.502.16 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018. La medición se realizará considerando un coeficiente de variación de las mediciones de 15%, con lo que se obtienen 1 punto por hectómetro, equidistante a la medición previa y a la siguiente. En cualquier caso se deberá aplicar el ensaye de BPN descrito en Numeral 8.502.16, punto 8, del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018.			
Las demarcaciones deberán ser visibles en cualquier periodo del día y bajo toda condición climática. Deberán cumplir con los requisitos de visibilidad diurna de la Tabla 6.303.301.A del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018. La medición debe ser continua. Para el cálculo de los niveles de desempeño, se considerará cada hectómetro como una sección independiente.			
La relación de contraste con el pavimento se determina por medio de la relación entre el factor de luminancia de la demarcación y el factor de luminancia del pavimento. La relación de contraste mínima Rc es 1.7, el cual se calcula como:			
$Rc = (\beta_{demarcación} - \beta_{pavimento}) / \beta_{pavimento}$			
Se considera dentro de la evaluación, toda la demarcación plana del área de concesión, tanto de la vía principal, los accesos, enlaces y vías de servicio. Se evalúa por calzada.			

Figura B.15.1: Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las demarcaciones planas.

Fuente: UdeC(2019f).

<p>El cálculo del nivel de desempeño de las demarcaciones planas se estima por medio de la no disponibilidad diaria de secciones, según:</p> $X = \sum_{k=1}^d \sum_{j=1}^n I_{j,k}$ <p>Donde:</p> <p>X: Días totales de no cumplimiento de secciones (hectómetros) por mes.</p> <p>I_{j,k}: Es la variable que representa el estado de incumplimiento del hectómetro "j" en el día "k". Adopta el valor 1 si el hectómetro se encuentra 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>j: Es el sub índice que representa el contador de secciones (hectómetros).</p> <p>d: Número total de días del mes en el cual se evalúa el indicador.</p> <p>n: Número total de secciones (hectómetros).</p> <p>El indicador corresponderá, por lo tanto, a la suma total de los días de incumplimiento (fuera del tiempo de reposición) de cada sección declarada en dicho estado durante el mes.</p>

Figura B.15.2: *Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las demarcaciones planas (continuación).*

Fuente: UdeC(2019f).

En la tabla B.15.1 se presenta el protocolo de calificación global del indicador:

Tabla B.15.1: *Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Secciones no disponibles por día (hectómetro-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

La información que permite caracterizar el desempeño de las demarcaciones planas durante la etapa de explotación, de las carreteras interurbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en observaciones realizadas por la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.15.3, se registra el número de identificación de la señal, el kilometraje y sentido de ubicación y la observación que describe el problema detectado.

Nombre	KmInicio	KmFinal	Observaciones
Señal N° 14, Línea separadora de pistas, segmentada con tacha, Km Inicio 231, Km Fin 231,5	231,000	231,500	Línea segmentada de eje calzada con problemas visibilidad. Media.
Señal N° 15, Línea borde derecho, continua, Km Inicio 231, Km Fin 231,5	231,000	231,500	Líneas laterales con problemas de visibilidad. Media
Señal N° 674, Línea símbolo o leyenda, Km Inicio 231,393	231,393	231,393	Km 231.400 derecha Demarcación descolorida Baja
Señal N° 20, Línea separadora de pistas, segmentada con tacha, Km Inicio 244,38, Km Fin 244,72	244,380	244,720	línea de eje central con desgaste
Señal N° 26, Línea separadora de pistas, segmentada con tacha, Km Inicio 250,14, Km Fin 250,4	250,140	250,400	línea pista con desgaste
Señal N° 570, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 260,57, Km Fin 259,32	260,570	259,320	Km 260.400 derecha Simbología y demarcación descolorida acceso enlace Baja
Señal N° 551, Línea borde derecho, continua, Km Inicio 264,27, Km Fin 264,09	264,090	264,270	Demarcación Descolorida/ Media
Señal N° 551, Línea borde derecho, continua, Km Inicio 264,27, Km Fin 264,09	264,270	264,090	Señalización horizontal se encuentra cubierta con invasión de sedimentos. ALTA.
Señal N° 57, Línea borde derecho, continua, Km Inicio 264,32, Km Fin 264,42	264,320	264,420	Demarcación lateral descolorida en pista de aceleración Media
Señal N° 56, Línea separadora de pistas, segmentada con tacha, Km Inicio 264,32, Km Fin 264,42	264,320	264,420	Línea segmentada con desgaste.
Señal N° 66, Línea borde derecho, continua, Km Inicio 265,95, Km Fin 266,01	265,950	266,010	Km 266.000 Izquierda Demarcación segmentada pista aceleración salida ASG Baja
Señal N° 67, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 266,01, Km Fin 266,52	266,010	266,520	Km 266.300 Izquierda Demarcación desalineada acceso norte ASG Media
Señal N° 67, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 266,01, Km Fin 266,52	266,010	266,520	Líneas laterales de pista desalineada. Baja

Figura B.15.3: Ejemplo de información histórica de concesiones para demarcaciones planas.

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

La naturaleza de las observaciones no cuenta con mediciones de retrorreflexión mediante un retrorreflectómetro dinámico montado en un vehículo (ASTM E1710), tampoco con mediciones de resistencia al deslizamiento mediante un péndulo británico; de igual manera, no se cuenta con mediciones de luminancia ni de relación de contraste según las indicaciones del Manual de Carreteras. Sin embargo, es posible detectar que existe una problemática en las demarcaciones planas en una sección de la carretera.

Se define un indicador que refleje la cantidad de incumplimientos mensuales en las demarcaciones planas sin considerar la tipología de estos. Se considera la misma escala de evaluación definida en la tabla B.15.1.

B.15.0.0.1. Concesión zona norte

B.15.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de secciones no disponibles para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.15.2 se observan estos resultados.

Tabla B.15.2: *Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2014	0	0	0	5	6	3	3	0	1	0	2	2	22
2015	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	8	14
2016	1	12	5	3	1	3	14	3	0	3	0	0	45
2017	1	0	3	0	1	0	1	5	7	6	0	0	24
2018	2	0	2	2	0	0	2	0	2	0	0	0	10

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.15.3, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2014 al 2018 se muestran en la tabla B.15.4.

Tabla B.15.3: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Secciones no disponibles por día (hectómetro-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.15.4: *Calificación global para el indicador de demarcaciones planas.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	JUSTO	JUSTO
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO
2016	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	BUENO	MALO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	JUSTO	MUY BUENO	JUSTO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.15.0.0.2. Concesión zona centro

B.15.0.0.2.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de secciones no disponibles para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.15.5 se observan estos resultados.

Tabla B.15.5: *Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2014	0	0	0	0	0	0	0	5	7	0	18	9	39
2015	0	0	0	0	0	21	14	0	12	3	13	10	73
2016	0	6	0	10	0	5	0	5	0	4	0	0	30
2017	0	4	0	2	0	6	0	5	0	0	2	0	19
2018	0	11	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	25

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.15.6, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2014 al 2018 se muestran en la tabla B.15.7.

Tabla B.15.6: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Secciones no disponibles por día (hectómetro-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.15.7: *Calificación global para el indicador de demarcaciones planas.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO
2016	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO
2018	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.15.0.0.3. Concesión zona sur

B.15.0.0.3.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de secciones no disponibles para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.15.8 se observan estos resultados.

Tabla B.15.8: *Cantidad de secciones no disponibles de demarcación plana.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2016	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	5
2017	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2018	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	4

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.15.9, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2015 al 2018 se muestran en la tabla B.15.10.

Tabla B.15.9: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Secciones no disponibles por día (hectómetro-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.15.10: *Calificación global para el indicador de demarcaciones planas.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO
2016	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
2017	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.16. Índice de condición de demarcaciones elevadas

En la figuras B.16.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la funcionalidad de la demarcación elevada.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica					
CARACTERÍSTICA	Integridad y funcionalidad de demarcaciones elevadas					
IDENTIFICADOR	SE-DE-FT1					
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la funcionalidad de demarcaciones elevadas (SE-DE-IT1)					
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción					
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA				
Índice de condición de demarcaciones elevadas	%	Trimestral				
NORMATIVAS DE REFERENCIA						
Numeral 6.303.404(6) "Tachas" del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018.						
Numeral 8.601.7 "Seguridad Vial: Especificaciones de tachas reflectantes" del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018.						
EQUIPOS DE MEDICIÓN						
Inspección visual						
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES						
En todos los lugares donde existan tachas, estas deben cumplir lo indicado en los Numeral 6.303.404(6) del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018 y 8.601.7 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018. Se deberá asegurar el buen estado y presencia de al menos el 90% de las tachas por hectómetro. Esto quiere decir que en cada tramo inspeccionado las tachas deben estar presentes y con todos sus elementos constitutivos en buen estado y funcionales.						
Se considera dentro de la evaluación, toda la demarcación elevada del área de concesión, tanto de la vía principal, los accesos, enlaces y vías de servicio. Se evalúa por calzada.						
NIVELES DE DESEMPEÑO						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
Tachas presentes y en buen estado por hectómetro lineal/pista [%]						
100%	]100% - 95%]	]95% - 90 %]	]90% - 75%]	< 75%
Porcentaje de tramos por nivel de desempeño						
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	< 50 %	= 0 %	= 0 %	= 0 %
	Bueno	≥ 50 %	< 50 %	= 0 %	= 0 %	= 0 %
	Justo	100%		= 0 %	= 0 %	= 0 %
	Malo	-]0,0, 5,0]	= 0 %	= 0 %
	Muy malo	100%				

Figura B.16.1: Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de la demarcación elevada.

Fuente: UdeC(2019e).

La información que permite caracterizar el desempeño de la demarcación elevada durante la etapa de explotación, en las carreteras interurbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en observaciones realizadas por la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.16.2, se registra el número de identificación de la señal, el kilometraje y sentido de ubicación y la observación que describe el problema detectado.

Nombre	KmInicio	KmFinal	Observaciones
Señal N° 1, Línea de eje central, segmentada con tacha, Km Inicio 229,1, Km Fin 282,6	229,100	282,600	Tramos sin tachas en borde de calzada, curva horizontal.Alta
Señal N° 13, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 229,1, Km Fin 231	229,100	231,000	Tramos sin tachas en borde externo de calzada, curva horizontal.Alta
Señal N° 1, Línea de eje central, segmentada con tacha, Km Inicio 229,1, Km Fin 282,6	229,100	282,600	Tramos sin tachas en borde y eje de calzada, curva horizontal.Alta
Señal N° 1, Línea de eje central, segmentada con tacha, Km Inicio 229,1, Km Fin 282,6	229,100	282,600	Tramos sin tachas en eje de calzada.Alta
Señal N° 594, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 230,81, Km Fin 229,1	230,810	229,100	Tramos sin tachas en eje de calzada.Alta
Señal N° 594, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 230,81, Km Fin 229,1	230,810	229,100	Tramos sin tachas en borde y eje de calzada.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en eje y borde de calzada.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en borde externo de calzada, curva horizontal.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en borde externo de calzada.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en eje de calzada.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en línea segmentada lateral.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en borde externo de calzada, curva vertical.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Ausencia de tachas en berma externa / ALTA
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en borde externo de calzada.Alta
Señal N° 16, Línea borde derecho, continua con tacha, Km Inicio 231,5, Km Fin 243,92	231,500	243,920	Tramos sin tachas en eje de calzada.Alta
Señal N° 592, Línea separadora de pistas, segmentada con tacha, Km Inicio 234,04, Km Fin 230,81	234,040	230,810	Tramos sin tachas en eje de calzada.Alta
Señal N° 592, Línea separadora de pistas, segmentada con tacha, Km Inicio 234,04, Km Fin 230,81	234,040	230,810	Tramos sin tachas en eje de calzada, curva horizontal.Alta

Figura B.16.2: Ejemplo de información histórica de concesiones para demarcaciones elevadas.

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

La naturaleza de las observaciones no cuenta con el porcentaje de tachas que faltan en un hectómetro de calzada, sin embargo, es posible detectar que existe una problemática en las demarcaciones elevadas en una sección de la carretera.

Se define un indicador que refleje la cantidad de incumplimientos mensuales en las demarcaciones elevadas sin considerar el porcentaje de elementos que faltan. Se considera el protocolo de calificación definido en la figura B.16.3.

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Secciones no disponibles por día				
0	1	2	]2-4]	> 4

Figura B.16.3: Protocolo de calificación para la carretera.

Fuente: Elaboración propia

B.16.0.0.1. Concesión zona norte

B.16.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos y, considerando 3 días como tiempo mínimo de reposición, se calculan la cantidad de secciones con problemáticas de tachas durante el mes. En la tabla B.16.1 se observan estos resultados.

Tabla B.16.1: *Cantidad de secciones no disponibles de demarcación elevada.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2014	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	4
2015	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	6
2016	0	12	17	0	0	0	0	0	0	2	0	0	31
2017	3	0	2	0	0	3	26	41	9	8	0	0	92
2018	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	4

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.16.2, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2014 al 2018 se muestran en la tabla B.16.3.

Tabla B.16.2: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Secciones no disponibles por día				
0	1	2	]2-4]	> 4

Tabla B.16.3: *Calificación global para el indicador de demarcaciones elevadas.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2015	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO
2016	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.17. Índice de condición de barreras de contención

En la figura B.17.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la integridad y funcionalidad de barreras de contención.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Funcionalidad e integridad de las barreras de contención			
IDENTIFICADOR	ES-BC-FT1			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la funcionalidad e integridad de las barreras de contención (ES-BC-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Índice de condición de barreras de contención	50 metros-día/mes	Mensual		
NORMATIVAS DE REFERENCIA				
-				
EQUIPOS DE MEDICIÓN				
Inspección visual				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
Se disponen las siguientes exigencias:				
- E1: La cara de la plancha de la barrera que da hacia las pistas de circulación deberá tener su recubrimiento de protección en buen estado y limpio; sin rayas u otro elemento que impida una buena visión de la barrera; Sus partes reflectantes deberán estar completas, limpias y en buen estado.				
- E2: Los elementos deben estar alineados, limpios y con todos sus elementos constitutivos correctamente instalados. Estos elementos no deben presentar saltaduras, óxido, grietas, deformaciones ni pérdidas de material.				
Cada medio hectómetro (50 metros) fijo de barreras de contención 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 detectados en cinco (5) días, de lo contrario el medio hectómetro fijo se declara en estado de incumplimiento.				
El indicador se define como:				
$CON_m = \sum_{k=1}^d \sum_{j=1}^n I_{j,k}$				
Donde:				
CON _m : Barreras de contención no disponibles por día k en el mes "m".				
I _{j,k} : Es la variable que representa el estado de incumplimiento del medio hectómetro fijo de barrera de contención "j" en el día "k". Adopta el valor 1 si la sección se encuentra en estado de incumplimiento en dicho día, en caso contrario adopta el valor 0.				
k: Es el sub índice que representa el contador de los días del mes "m".				
j: Es el sub índice que representa el contador de los medio hectómetro fijos.				
d: Número total de días del mes "m".				
n: Número total de medio hectómetro (50 metros) fijos.				
El indicador CON _m será, por lo tanto, la suma total de los días de incumplimiento (fuera del tiempo de reposición) de cada medio hectómetro fijo de barreras de contención declarado en dicho estado durante el mes.				
Se considera dentro de la evaluación, todas las barreras de contención del área de concesión, tanto de la vía principal, los accesos, enlaces y vías de servicio. Se evalúa cada medio hectómetro por calzada.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Barreras de contención no disponibles por día (50 metros-día/mes)				
0	1	2]2 - 4]	> 4

Figura B.17.1: Ficha técnica para evaluar la funcionalidad e integridad de barreras de contención.

Fuente: UdeC(2019g).

La información que permite caracterizar el desempeño de las barreras de contención durante la etapa de explotación, en las carreteras interurbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en observaciones realizadas por la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.17.2 se registra el número de identificación de la señal, el kilometraje, sentido de ubicación y la observación que describe el problema detectado.

Nombre	KmInicio	Observaciones
Defensa doble onda; n° 519; Km 378,500 - 377,540; Lado Izquierdo; Calzada descendente	378,500	Falta de terminal de defensa caminera
Defensa doble onda; n° 715; Km 437680.000 - 437520.000; Lado Izquierdo; Calzada descendente	437,680	Defensa caminera impactada 40 metros aproximadamente
Defensa doble onda; n° 141; Km 265,470 - 265,341; Lado Izquierdo; Calzada descendente	265,470	Defensa y terminal de defensa caminera impactada
Defensa doble onda; n° 664; Km 421,240 - 421,370; Lado Derecho; Calzada ascendente	421,240	Terminal de defensa suelto
Defensa doble onda; n° 654; Km 417,310 - 416,860; Lado Izquierdo; Calzada descendente	417,310	Dos separadores de defensa caminera cortadas
Defensa doble onda; n° 759; Km 454350.000 - 454240.000; Lado Izquierdo; Calzada descendente	454,350	Defensa caminera impactada en mediana
Defensa doble onda; n° 295; Km 316,100 - 315,340; Lado Izquierdo; Calzada descendente	316,100	Defensa lateral izquierda ubicada en el PK 315.700 impactada.
Defensa doble onda; n° 329; Km 326,550 - 326,190; Lado Izquierdo; Calzada descendente	326,550	Defensa lateral izquierda ubicada en PK 326.550 impactada.
Defensa doble onda; n° 764; Km 437,450 - 437,590; Lado Izquierdo; Calzada descendente	457,750	Cuerpo de defensa impactado.
Defensa doble onda; n° 743; Km 446,370 - 446,210; Lado Izquierdo; Calzada descendente	446,370	Defensa Lateral Izquierda impactada a la altura del PK 446.220
Defensa doble onda; n° 438; Km 358,059 - 352,690; Lado Izquierdo; Calzada descendente	358,059	Defensas impactadas y fuera de línea.
Defensa doble onda; n° 555; Km 389,570 - 386,460; Lado Izquierdo; Calzada descendente	389,570	Defensas impactadas desgatadas y agujereadas.
Defensa doble onda; n° 565; Km 394,479 - 389,620; Lado Izquierdo; Calzada descendente	394,479	Defensas impactadas desgatadas y agujereadas.
Defensa doble onda; n° 380; Km 342,959 - 339,000; Lado Izquierdo; Calzada descendente	342,959	Defensas en mediana impactadas por calzada descendente a la altura del PK 340.300.

Figura B.17.2: Ejemplo de información histórica de concesiones para barreras de contención.

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

La naturaleza de las observaciones permite verificar el incumplimiento de las exigencias definidas en la ficha técnica, considerando un plazo máximo de 5 días para reposición de los elementos.

B.17.0.0.1. Concesión zona norte

B.17.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de barreras de contención no disponibles por día, para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.17.1 se observan estos resultados.

Tabla B.17.1: *Cantidad de barreras de contención no disponibles por día.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	4
2014	1	2	0	3	6	0	1	2	0	0	0	0	15
2015	0	28	9	0	0	3	6	0	0	0	0	2	48
2016	2	6	0	0	2	2	0	0	16	4	0	0	32
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	19	60

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.17.2, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2013 al 2017 se muestran en la tabla B.17.3.

Tabla B.17.2: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Barreras de contención no disponibles por día (50 metros-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.17.3: *Calificación global para el indicador de barreras de contención.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2014	BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MALO	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2015	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO
2016	JUSTO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO

B.17.0.0.2. Concesión zona centro

B.17.0.0.2.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de barreras de contención no disponibles por día, para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.17.4 se observan estos resultados.

Tabla B.17.4: *Cantidad de barreras de contención no disponibles por día.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2014	0	0	3	59	31	41	25	31	0	0	41	70	301
2015	0	0	0	0	0	22	47	81	19	26	47	49	291
2016	18	0	4	0	0	0	7	0	5	2	10	0	46
2017	6	0	4	0	1	0	6	0	0	0	13	0	30
2018	4	0	12	1	4	1	1	0	0	1	0	0	24

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.17.5, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2014 al 2018 se muestran en la tabla B.17.6.

Tabla B.17.5: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Barreras de contención no disponibles por día (50 metros-día/mes)				
0	1	2	[2 - 4]	> 4

Tabla B.17.6: *Calificación global para el indicador de barreras de contención.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
2016	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO
2017	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO
2018	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	BUENO	MALO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.17.0.0.3. Concesión zona sur

B.17.0.0.3.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan la cantidad de barreras de contención no disponibles por día, para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.17.7 se observan estos resultados.

Tabla B.17.7: *Cantidad de barreras de contención no disponibles por día.*

Mes													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2014	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	9
2015	0	0	1	10	10	5	8	6	2	6	2	5	55
2016	0	5	0	13	10	5	0	2	0	4	13	4	56
2017	0	19	0	0	15	0	14	3	8	1	16	0	76
2018	8	1	0	0	9	17	22	0	8	0	0	0	65

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.17.8, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2014 al 2018 se muestran en la tabla B.17.9.

Tabla B.17.8: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Barreras de contención no disponibles por día (50 metros-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Tabla B.17.9: *Calificación global para el indicador de barreras de contencion.*

Mes													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MALO	JUSTO	MALO	JUSTO	MALO	
2016	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MALO	
2017	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	
2018	MUY MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	

B.18. Índice de condición de amortiguadores de impacto

En la figura B.18.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la integridad y funcionalidad de los amortiguadores de impacto.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Integridad y Funcionalidad de los amortiguadores de impacto	
IDENTIFICADOR	ES-AI-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la funcionalidad e integridad de los amortiguadores de impacto (ES-AI-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de amortiguadores de impacto	elemento/día - mes	Mensual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
-		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Inspección Visual		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
Se disponen las siguientes exigencias:		
<p>- E1: La cara de la plancha del amortiguador que da hacia las pistas de circulación deberá tener su recubrimiento de protección en buen estado y limpio; sin rayas u otro elemento que impida una buena visión del amortiguador; Sus partes reflectantes deberán estar completas, limpias y en buen estado.</p> <p>- E2: Los elementos deben estar alineados, limpios y con todos sus elementos constitutivos correctamente instalados. Estos elementos no deben presentar saltaduras, óxido, grietas, deformaciones ni pérdidas de material.</p>		
Cada amortiguador de impacto 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 detectados en cinco (5) días, de lo contrario el amortiguador se declara en estado de incumplimiento.		
El indicador se define como:		
$CON_m = \sum_{k=1}^d \sum_{j=1}^n I_{j,k}$		
Donde:		
CON _m : Amortiguadores de impacto no disponibles por día k en el mes "m".		
I _{j,k} : Es la variable que representa el estado de incumplimiento del amortiguador de impacto "j" en el día "k". Adopta el valor 1 si el amortiguador se encuentra en estado de incumplimiento en dicho día, en caso contrario adopta el valor 0.		
k: Es el sub índice que representa el contador de los días del mes "m".		
j: Es el sub índice que representa el contador de los amortiguadores.		
d: Número total de días del mes "m".		
n: Número total de amortiguadores de impacto.		
El indicador CON _m será, por lo tanto, la suma total de los días de incumplimiento (fuera del tiempo de reposición) de cada amortiguador de impacto declarado en dicho estado durante el mes.		
Se considera dentro de la evaluación, todas los amortiguadores de impacto del área de concesión, tanto de la vía principal, los accesos, enlaces y vías de servicio.		

Figura B.18.1: Ficha técnica para evaluar el desempeño de los amortiguadores de impacto.

Fuente: UdeC(2019h).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.18.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Amortiguadores de impacto no disponibles por día (elemento-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	>4

Figura B.18.2: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: UdeC(2019h)

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.19. Índice de condición de pistas de emergencia

En la figura B.19.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la funcionalidad de las pistas de emergencias.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica					
CARACTERÍSTICA	Funcionalidad de la pista de emergencia					
IDENTIFICADOR	ES-PE-FT1					
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la funcionalidad de las pistas de emergencia (ES-PE-IT1)					
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción					
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA				
Índice de condición de pistas de emergencia	Adimensional	2 veces al año y luego de un accidente				
NORMATIVAS DE REFERENCIA						
AASHTO (2011) para requisitos de agregados.						
Ensaye 8.202.3 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018: Agregados pétreos: método para tamizar y determinar granulometría.						
EQUIPOS DE MEDICIÓN						
Los indicados en Ensaye 8.202.3 del Manual de Carreteras Volumen 8, Edición 2018.						
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES						
Los agregados de las pistas de emergencia requieren cumplir siempre las características que permiten el atrapamiento de vehículos pesados. Las características a cumplir son, según AASHTO (2011):						
- Tamaño máximo (TM): 40 mm (1 1/2") +/- 5 mm						
- Porcentaje de Finos: sin finos						
- Banda Granulométrica: No 57 de AASHTO (1/2" a 1 1/2") (BG 57). De existir material bajo 5 mm se deben retirar de la granulometría						
emergencia a partir del inicio de la misma. Cada una de esas muestras se extraerán a una distancia de 2 m desde los bordes izquierdo y derecho de la pista de						
En cada pista de emergencia, el nivel de cumplimiento se calculará en base al porcentaje de las muestras que posean TM y BG57 de acuerdo a las especificaciones						
La recarga, remezcla de material deber considerar estos controles antes de disponerlos en terreno con el fin de asegurar el comportamiento adecuado durante una emergencia						
NIVELES DE DESEMPEÑO						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
Propiedades material de rodadura (Adimensional)						
Cumple TM y BG 57	Cumple TM y BG 57	Cumple BG 57	No cumple BG 57	No cumple TM y BG 57		
Porcentaje del total de pistas de emergencia dentro de cada rango						
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50	< 50	< 5%	= 0	= 0
	Bueno	≥ 50	< 50	< 50	= 0	= 0
	Justo	100%			= 0	= 0
	Malo	-			> 5	= 0
	Muy malo			100%		

Figura B.19.1: Ficha técnica para evaluar la funcionalidad de las pistas de emergencias.

Fuente: UdeC(2019i).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.20. Índice de condición de sistemas de citofonía de emergencia

En la figura B.20.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la integridad y funcionalidad del sistema de citofonía de emergencia (SOS).

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Integridad y Funcionalidad del Sistema de Citofonía de Emergencia (SOS)			
IDENTIFICADOR	CE-CE-FT1			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado al sistema de citofonía de emergencia (CE-CE-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Índice de condición de sistemas de citofonía de emergencia	citófono-día	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
-				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
<p>Todos los elementos del sistema de citofonía de emergencia deben cumplir con las siguientes exigencias de integridad:</p> <p>a) Los elementos deben estar íntegros con todos sus elementos constitutivos correctamente instalados.</p> <p>b) No deben presentar saltaduras, óxido, rayado ni incisiones, deformaciones ni pérdida de material.</p> <p>c) Todos los elementos deben estar limpios.</p> <p>Las exigencias de integridad se constatarán mediante inspección visual.</p> <p>La funcionalidad del sistema de citofonía de emergencia será constatada por los registros automáticos efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS. Para este caso, se utilizará el registro de todos los eventos, acciones y alarmas registradas en la base de datos del Centro de Control. Adicionalmente, se evaluará la funcionalidad llamando desde cada citófono SOS al Centro de Control, para realizar pruebas de control de conexión y control de audición.</p> <p>Cuando el incumplimiento de las exigencias de integridad no comprometa la comunicación del dispositivo, se dispondrá de un plazo de 5 días antes de que empiece la contabilización del indicador. En caso de verse comprometida la comunicación (funcionalidad), no existe plazo de reposición, contabilizándose el indicador desde el momento en que es reportado.</p>				
NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [Citófono-día]				
0	1	2	3	> 4

Figura B.20.1: Ficha técnica para evaluar el sistema de citofonía de emergencia (SOS).

Fuente: Oyarzún (2019).

La información que permite caracterizar la integridad y funcionalidad del sistema de citofonía de emergencia durante la etapa de explotación, de las carreteras interurbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en observaciones realizadas por la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Dada la naturaleza de la información, es posible discretizar las observaciones en dos casos:

1. Incumplimientos que comprometan la comunicación del dispositivo, por ejemplo: “comunicación baja”, “poste sin comunicación con centro de control”, entre otros. Estos incumplimientos no tienen plazo de reposición, por lo que siempre deben cumplir con las exigencias.
2. Incumplimientos que no comprometan la comunicación del dispositivo, por ejemplo: “baranda con óxido”, “falta pegatina de información”, entre otros. Estos incumplimientos tienen máximo 5 días para reparar o reposición, según sea el caso.

En las figuras B.20.2 y B.20.3 se muestran los dos casos de incumplimientos. Luego de establecer estos criterios, se calcula el nivel de desempeño para cada concesión.

Nombre	Kminicio	KmFinal	Observaciones
Poste SOS, n°4; Km 3.240; Lado Derecho	3,240	NULL	Sin comunicación. Sin señal de aproximación. Se reitera cambio de logo de instrucciones a usuarios.
Poste SOS, n°20; Km 19.120; Lado Derecho	19,120	NULL	problemas de comunicacion
Poste SOS, n°20; Km 19.120; Lado Derecho	19,120	NULL	Poste sin comunicacion
Poste SOS, n°63; Km 70.100; Lado Derecho	70,100	NULL	No se logra comunicación. Cambiar logo a usuarios.
Poste SOS, n°65; Km 71.960; Lado Derecho	71,960	NULL	No se logra comunicación. Falta señal de acercamiento. requiere cambio de logo instrucciones a usuarios.
Poste SOS, n°93; Km 100.000; Lado Derecho	100,000	NULL	No se logra comunicación. Falta de roce y aseo en el entorno. Falta señal de acercamiento.
Poste SOS, n°100; Km 106.000; Lado Derecho	106,000	NULL	Demora en comunicarse. Logo a Usuarios dañado.

Figura B.20.2: *Ejemplo de información histórica de concesiones para sistema de citofonía de emergencia.*

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

Nombre	Kminicio	KmFinal	Observaciones
Poste SOS, n°1; Km 1.200; Lado Derecho	1,200	NULL	Km 1+200 sos con basura en su entorno
Poste SOS, n°2; Km 1.200; Lado Derecho	1,200	NULL	Se requiere cambio de logo de instrucciones a usuarios.
Poste SOS, n°3; Km 3.240; Lado Derecho	3,240	NULL	Instalar logo de instrucciones a usuario
Poste SOS, n°3; Km 3.240; Lado Derecho	3,240	NULL	Km 3+400 sos con grafity en su parte lateral
Poste SOS, n°4; Km 3.240; Lado Derecho	3,240	NULL	Falta letrero sos
Poste SOS, n°6; Km 5.060; Lado Derecho	5,060	NULL	Falta de aseo en entorno.
Poste SOS, n°7; Km 7.000; Lado Derecho	7,000	NULL	Poste presenta óxido.
Poste SOS, n°7; Km 7.000; Lado Derecho	7,000	NULL	Grafiti en su estructura

Figura B.20.3: *Ejemplo de información histórica de concesiones para sistema de citofonía de emergencia.*

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

B.20.0.0.1. Concesión zona norte

B.20.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

Considerando la tipología de observaciones, se calcula el número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencias, para los años con los que se cuenta información. En la tabla B.20.1 se observan estos resultados.

Tabla B.20.1: *Número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencia.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2013	0	0	0	0	0	0	21	3	0	0	0	0	24
2014	0	129	32	14	5	74	19	18	16	3	4	9	323
2015	13	5	6	0	20	11	20	3	6	38	31	62	215
2016	26	45	8	10	32	3	8	5	3	2	8	4	154
2017	5	5	6	0	1	3	2	0	0	1	3	4	30
2018	8	0	6	7	9	3	3	3	2	4	0	0	45

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.20.2, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2012 al 2018 se muestran en la tabla B.20.3.

Tabla B.20.2: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [Citófono-día]				
0	1	2	3	≥ 4

Tabla B.20.3: *Calificación global del indicador de citofonía de emergencia.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2012	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO
2013	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2014	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO
2015	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
2016	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	JUSTO	MUY MALO	MUY MALO
2017	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	BUENO	MALO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MALO	MUY MALO
2018	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MALO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.20.0.0.2. Concesión zona centro

B.20.0.0.2.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

Considerando la tipología de observaciones, se calcula el número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencias, para los años con los que se cuenta información. En la tabla B.20.4 se observan estos resultados.

Tabla B.20.4: *Número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencia.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
2014	0	0	0	28	27	43	12	0	0	10	20	25	165
2015	33	25	0	0	0	23	5	12	8	12	18	0	136
2016	4	5	5	3	3	9	5	1	2	2	4	1	44
2017	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	6	17
2018	7	2	5	3	1	0	1	0	0	0	0	0	19

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.20.5, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2013 al 2018 se muestran en la tabla B.20.6.

Tabla B.20.5: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [Citófono-día]				
0	1	2	3	≥ 4

Tabla B.20.6: *Calificación global del indicador de citofonía de emergencia.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
2015	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO
2016	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	BUENO	JUSTO	JUSTO	MUY MALO	BUENO
2017	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO
2018	MUY MALO	JUSTO	MUY MALO	MALO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.20.0.0.3. Concesión zona sur

B.20.0.0.3.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

Considerando la tipología de observaciones, se calcula el número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencias, para los años con los que se cuenta información. En la tabla B.20.7 se observan estos resultados.

Tabla B.20.7: *Número de incumplimientos mensuales del sistema de citofonía de emergencia.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2015	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5
2016	0	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.20.8, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2015 al 2018 se muestran en la tabla B.20.9.

Tabla B.20.8: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [Citófono-día]				
0	1	2	3	≥ 4

Tabla B.20.9: *Calificación global del indicador de citofonía de emergencia.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO
2016	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2017	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

B.21. Tiempo de respuesta frente a una contingencia y/o emergencia

En la figura B.21.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la asistencia en ruta.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica				
CARACTERÍSTICA	Asistencia en ruta				
IDENTIFICADOR	AI-AR-FT1				
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la asistencia en ruta (AI-AR-IT1)				
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María				
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA			
Tiempo de respuesta frente a una contingencia y/o emergencia	[min]	Mensual			
NORMATIVA DE REFERENCIA					
-					
EQUIPO DE MEDICIÓN					
-					
MÉTODO DE MEDIDA					
La información necesaria para evaluar este indicador técnico, debe ser obtenida a partir de los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación.					
PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN					
Calificación para cada evento en [min]					
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO	
[0 , 12]	]12 , 14]	]14 , 16]	]16 , 18]	> 18
Calificación global del indicador en base al porcentaje de eventos dentro de cada rango de tiempo					
		Rangos de tiempo de respuesta [min]			
		[0 , 12]]12 , 14]]14 , 16]]16 , 18]
Calificación del indicador	Muy Bueno	≥ 50 %	< 50 %	= 0%	= 0%
	Bueno	≥ 50%	< 50%	≤ 1.0 %	≤ 1.0 %
	Justo	100%		≤ 1.0 %	≤ 1.0 %
	Malo	> 0%]1.0, 5.0]	≤ 1.0 %
	Muy malo	100%			

Figura B.21.1: Ficha técnica para evaluar el tiempo de respuesta frente a contingencias y/o emergencias.

Fuente: UTFSM (2019b).

La información que permite caracterizar los tiempos de respuesta frente a una contingencia y/o emergencia durante la etapa de explotación, de las carreteras urbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en registros realizados por la concesión y proporcionados a la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.21.2, se registra la fecha, hora de inicio y término, tiempo de segregación, tipología y localización y una breve descripción de la contingencia.

Fecha	Hora Inicio	Hora Terminó	Tiempo de Segregación	Incidente	PK	Tramo	Calzada	Pista	Breve Descripción
01-01-2017	0:45:00	1:19:00	0:34:00	A5	15.90	5	Der	5	Vehículo detenido por daño
01-01-2017	1:42:00	2:50:00	0:58:00	A1	13.80	5	Der	ZA (D)	Panne motor vehículo
01-01-2017	4:21:00	4:39:00	0:08:00	K5	13.90	5	Izq	a (I)	Ciclista en la vía
01-01-2017	5:14:00	5:28:00	0:05:00	K2	9.60	6	Izq	6	Peatón en la vía
01-01-2017	7:13:00	7:34:00	0:11:00	A1	34.50	1	Izq	SOS (I)	Panne motor vehículo
01-01-2017	10:48:00	11:11:00	0:16:00	A3	34.00	1	Izq	ZA (I)	Panne neumático vehículo
01-01-2017	11:57:00	11:44:00	23:47:00	J1	15.53	5	Izq	CALZADA (I)	Trabajos en la vía
01-01-2017	14:14:00	7:07:00	16:53:00	J1	15.35	5	Der	CALZADA (D)	Trabajos en la vía
01-01-2017	16:20:00	16:45:00	0:17:00	A3	21.00	4	Izq	6	Panne neumático vehículo
02-01-2017	0:30:00	0:40:00	0:03:00	K3	34.60	1	Izq	4	Animal en la vía

Figura B.21.2: *Ejemplo de información histórica de concesiones para asistencia en ruta.*

Fuente: Asesoría de inspección fiscal (AIF).

Considerando el tiempo de segregación como el tiempo desde que finaliza la asistencia en ruta (tiempo de respuesta) hasta que termina la contingencia y vuelve a estar disponible la vía, se calculan los tiempos de respuesta para cada evento.

B.22. Índice de condición de señalización variable

En la figura B.22.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la funcionalidad de la señalización variable.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Funcionalidad e integridad de la señalización variable			
IDENTIFICADOR	SE-SV-FT1			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la funcionalidad de señales variables (SE-SV-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Índice de condición de la señalización variable	%	Mensual		
NORMATIVAS DE REFERENCIA				
Numeral 6.304 "Señalización Variable" del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018.				
EQUIPOS DE MEDICIÓN				
Inspección visual.				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
<p>Para la constatación, por parte del Inspector fiscal, se utilizarán los registros efectuados en la bitácora que está definida como parte del SIC-NS. Para ello, el concesionario deberá implementar un mecanismo de control electrónico del estado de cada una de las señales variables que genere de forma automática y en tiempo real un registro en la bitácora. El concesionario deberá desarrollar y mantener operativo un software que, a partir de la información registrada en la bitácora, genere un reporte detallado con el porcentaje de disponibilidad y funcionalidad de cada señal variable. Para determinar el porcentaje mensual de disponibilidad de las señales variables de la vía se considerará la señal como "disponible" si cuenta con el 100% de su superficie en correcto funcionamiento, con capacidad para desplegar un mensaje. Excepcionalmente, y solo en el caso de señales de tipo pictograma, se considerará una señal disponible si cuenta con al menos un 60% de su superficie operativa y funcionando. Esta excepción registrará solo por un periodo consecutivo máximo de 5 horas. Superado ese plazo, la señal se considerará disponible únicamente si cuenta con el 100% de su superficie operativa y funcionando. Señales de texto y/o de cualquier otro tipo se considerarán disponibles únicamente si cuentan con el 100% de su superficie operativa y funcionando correctamente.</p> <p>El contenido desplegado correctamente en las señales variables se verificará por parte del inspector fiscal de lo informado por el concesionario y se contrastará con lo definido en el proyecto de ingeniería de detalle del sistema de señalización variable.</p> <p>Si existencia discrepancia, incertidumbre o ausencia de la información necesaria para la constatación del cumplimiento del estándar de servicio, el concesionario deberá acreditar mediante sus propios medios de control, el cumplimiento del estándar de servicio. En caso que el concesionario no lo pueda acreditar, se entenderá que no cumple con este estándar de servicio.</p> <p>La mensajería variable y sus elementos de apoyo no deben tener ampollas, fisuras, escamas, desgaste, erosión, ni zonas oxidadas o vandalizadas ni pérdida de color o tono por envejecimiento o suciedad para ser considerada íntegra. En caso de detectarse un cumplimiento, el concesionario dispondrá de 5 días para subsanarlo, en caso de no cumplir con el plazo establecido el nivel de desempeño mensual de la señalización variable se considerará como "muy malo".</p> <p>El indicador será calculado como: $\text{Min} [\text{FUN} ; \text{DIS}]$, donde:</p> $\text{FUN} = \frac{1}{j * n} \sum_{i=1}^n FS_j * 100 \quad \text{DIS} = \frac{1}{j * n} \sum_{i=1}^n DS_i * 100$				
Donde:				
FUN: Corresponde al porcentaje de contenido desplegado correctamente en las señales variables de la vía.				
DIS: Corresponde al porcentaje de disponibilidad de las señales variables de la vía.				
Ds: Corresponde a los minutos del mes "m" en que la señal variable "i" se encontraba disponible.				
Fs: Corresponde a los minutos del mes "m" en que el sistema de control central generó correctamente el contenido para la señal variable "i", de acuerdo a las condiciones de tránsito imperante en ese momento.				
i: Es el subíndice que representa el contador de las señales variables de la vía.				
n: Corresponde al total de señales variables de la vía expresa, definidas en SIG.				
j: Corresponde al total de minutos del mes "m"				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Min [FUN, DIS] (%)				
100	[99.98 , 100[[99.95 , 99.98[[99.90 , 99.95[< 99.90

Figura B.22.1: Ficha técnica para evaluar la señalización variable.

Fuente: UdeC (2019j).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.23. Luminancia media - Uniformidad global en túneles

En la figura B.23.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el nivel de iluminación y la uniformidad global en túneles.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica					
CARACTERÍSTICA	Nivel de iluminación en túneles					
IDENTIFICADOR	TU-SI-FT1					
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de nivel de servicio asociados al sistema de iluminación en túneles (TU-SIL-IT1)					
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María					
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA				
Luminancia Media en túneles (Lav)	cd/m ²	Anual				
NORMATIVA DE REFERENCIA						
Manual de Carreteras, Volumen N°6 Seguridad Vial, Capítulo 6.7 Iluminación Vial, Dirección de Vialidad						
CIE 88: Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses						
EQUIPO DE MEDICIÓN						
La medición se realizará con un ILM (Imaging Luminance Meter Device, Dispositivo de Medición de Luminancia de Imagen), calibrado y con resolución suficiente para realizar mediciones puntuales con ángulo sólido cónico no mayor de 2' en la vertical y no más de 20' en la horizontal. El instrumento debe medir en HDR (High Dynamic Range , Alto rango dinámico) con el fin de permitir la medición de Luminancia de Velo para cálculo del Incremento de Umbral (TI).						
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES						
La medición se realizará de forma continua en todos los tramos homogéneos, con una medición de la zona de cálculo normativa utilizada para el cálculo fotométrico. La posición nominal de los puntos de la grilla en los cuales se toman las mediciones, así como las posiciones nominales del observador, deben ser las indicadas en el Anexo 6.700A del Manual de Carreteras. Si algún punto se encuentra situado en una mancha de aceite, no se debe considerar en los cálculos de luminancia media y valores de uniformidad. Se debe realizar una medición por zona con el ILM, para cada pista y posición del observador. La medición debe realizarse en régimen normal de funcionamiento, las luminarias deben haber pasado su período de estabilización y el pavimento debe encontrarse seco. Se debe reducir al mínimo posible cualquier sombra o interferencia procedente del sistema de medición y operadores. Además de la configuración espacial de la medición se evaluará cada zona del túnel, es decir se tendrá un total de 4 mediciones correspondientes a las zonas de umbral, transición, interior y salida.						
La medición debe realizarse en régimen normal de funcionamiento, las luminarias deben haber pasado su período de estabilización y el pavimento debe encontrarse seco. Se debe reducir al mínimo posible cualquier sombra o interferencia procedente del sistema de medición y operadores.						
En ningún caso los valores de luminancia media pueden estar bajo la curva de adaptación de diseño.						
La evaluación del nivel de luminancia media (Lav) se realizará en conjunto con la evaluación de la uniformidad global (Uo).						
NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)						
		Rango del Indicador Uniformidad Global [-]				
Lav/Uo		≥ Uo + 0.2	[Uo + 0.2 , Uo + 0.1]	[Uo + 0.1 , Uo]	[Uo , Uo - 0.1]	< Uo - 0.1
Rango del Indicador Luminancia Media [cd/m ²]	> 0.8 Lav	MUY MALO				
	[0.8 Lav , 0.9 Lav]	JUSTO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
	[0.9 Lav , Lav]	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO	MUY MALO
	[Lav , 1.2 Lav]	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
EVALUACIÓN GLOBAL						
La evaluación global de luminancia media del túnel corresponde al nivel de desempeño mas bajo de todas las zonas.						

Figura B.23.1: Ficha técnica de luminancia media-uniformidad global en túneles.

Fuente: Sepúlveda (2019).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.24. Concentración de monóxido de carbono en túneles

En la figura B.24.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la concentración de monóxido de carbono en túneles.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Concentración de Monóxido de Carbono	
IDENTIFICADOR	TU-SV-IT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de nivel de servicio asociados al Sistema de Ventilación en Túneles (TU-SV-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Concentración de Monóxido de Carbono	PPM	Continuo
NORMATIVA DE REFERENCIA		
-		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
-		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La medición de monóxido de carbono se realizará con detectores de gases tóxicos instalados a lo largo del túnel, cada detector atenderá un sector específico de acuerdo con el proyecto de ingeniería de detalle del sistema de ventilación.		
Para cada estación de monitoreo se promediarán las mediciones de CO continuas en intervalos de 5 min, resultando el número de mediciones igual al número de secciones de control que tenga el túnel.		
Cada 15 min se escogerá el intervalo promedio de mayor concentración en el túnel, dicho valor se contrastará con la tabla de evaluación, obteniendo el nivel de desempeño del túnel en 15 minutos.		
El tiempo de exposición del usuario se calcula con la velocidad media del flujo y la longitud del túnel, como $t=D/V_m$, donde D= longitud del túnel y V_m =velocidad media del flujo de vehículos.		
La evaluación diaria y mensual se realiza con las tablas adjuntas, según el porcentaje de cumplimiento.		

Figura B.24.1: Ficha técnica para evaluar la concentración de monóxido de carbono en túneles.

Fuente: Sepúlveda (2019).

El protocolo de calificación para evaluar cada túnel se presenta en la figura B.24.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
Tiempo de exposición [min]	Nivel máximo permitido (ppm de CO)	BUENO	JUSTO	MALO
0 - 5	100	[0 - 70]	]70 – 100]	> 100
5 - 15	70	[0 - 50]	]50 – 70]	> 70
15 - 30	50	[0 - 35]	]35 – 50]	> 50
30 - 45	35	[0 - 25]	]25 – 35]	> 35
45 – 60	25	[0 - 10]	]10 – 25]	> 25
> 60	10	[0 - 5]	]5 – 10]	> 10

Figura B.24.2: Protocolo de calificación para cada túnel de la carretera.

Fuente: Sepúlveda (2019).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.24.3, donde existe una evaluación diaria y luego, una evaluación mensual a partir de la anterior:

EVALUACIÓN DIARIA						
		Número total de intervalos de 15 min dentro de cada rango en un día				
		BUENO	JUSTO	MALO		
Calificación del indicador	MUY BUENO	96	= 0	= 0		
	BUENO	≥ 48	< 48	= 0		
	JUSTO	96		= 0		
	MALO	-	-	1		
	MUY MALO	-	-	> 1		

EVALUACIÓN MENSUAL								
		Número total de días dentro de cada rango en un mes						
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
Calificación del indicador	MUY BUENO	≥ 24	< 24	= 0	= 0	= 0		
	BUENO	≥ 24		< 24	= 0	= 0		
	JUSTO	30			= 0	= 0		
	MALO	-			≥ 1	= 0		
	MUY MALO	-			≥ 5	= 0		
					-	≥ 1		

Figura B.24.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Sepúlveda (2019).

La información que permite evaluar la concentración de monóxido de carbono en túneles, de las carreteras urbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en registros realizados por la concesión y proporcionados a la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.24.4, se registra el horario y los valores medidos para cada uno de los ejes del túnel.

Hora		Eje C1	Eje C2
		Valores Medidos	Valores Medidos
		CO	CO
		ppm	ppm
0 - 1	1	1.69	10.31
1 - 2	2	2.06	28.31
2 - 3	3	1.5	30
3 - 4	4	0.94	30.75
4 - 5	5	2.06	1.5
5 - 6	6	2.06	2.81
6 - 7	7	3.56	4.5
7 - 8	8	7.69	4.69

Figura B.24.4: *Ejemplo de información histórica de concesiones para concentraciones de monóxido de carbono.*

Fuente: Asesoría de inspección fiscal (AIF).

Dado que el protocolo de calificación evalúa mediante intervalos de 15 min al día y, los datos proporcionados se encuentran en intervalos de 1 hr, se considera que los cuatro intervalos de 15 min en 1 hora son constantes en cuanto a niveles de concentración de monóxido de carbono. La calificación global del indicador se realiza bajo este mismo escenario.

B.24.0.0.1. Concesión urbana 3

B.24.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se realiza la evaluación de todos los intervalos obteniendo una calificación diaria. A partir de esta evaluación diaria, se obtiene la calificación mensual. En la tabla B.24.1, se observan la cantidad de días con cierta evaluación categórica para los años 2016, 2017 y 2018. Por ejemplo, para enero de 2016, hay 30 días con calificación diaria “Muy bueno” y 1 día con calificación “Malo”.

Tabla B.24.1: Cantidad de días con evaluación categórica según niveles de CO.

Año	Evaluación	Mes											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2016	MUY BUENO	30	29	30	29	30	25	30	29	30	31	29	31
	BUENO	0	0	0	0	1	4	1	2	0	0	0	0
	JUSTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MALO	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	MUY MALO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	MUY BUENO	31	28	30	29	30	30	30	29	28	31	29	30
	BUENO	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1
	JUSTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MALO	0	0	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0
	MUY MALO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	MUY BUENO	30	26	31	30	30	30	29	31	30	30	26	28
	BUENO	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
	JUSTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MALO	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	MUY MALO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1

Considerando el nivel de desempeño mensual de la tabla B.24.5, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2016 al 2018 se muestran en la tabla B.24.2.

EVALUACIÓN MENSUAL						
Calificación del indicador		Número total de días dentro de cada rango en un mes				
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
	MUY BUENO	≥ 24	< 24	= 0	= 0	= 0
	BUENO	≥ 24	< 24	= 0	= 0	= 0
	JUSTO	30			= 0	= 0
	MALO	-			≥ 1	= 0
	MUY MALO	-			≥ 5	= 0
					-	≥ 1

Figura B.24.5: Protocolo de calificación global del indicador.

Tabla B.24.2: Calificación global del indicador de concentración de CO.

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2016	MALO	MUY BUENO	MALO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
2017	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
2018	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY MALO

B.25. Concentración de dióxido de nitrógeno en túneles

En la figura B.25.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la concentración de dióxido de nitrógeno en túneles.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Concentración de Dióxido de Nitrógeno	
IDENTIFICADOR	TU-SV-IT2	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de nivel de servicio asociados al Sistema de Ventilación en Túneles (TU-SV-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Concentración de Dióxido de Nitrógeno	PPM	Continuo
NORMATIVA DE REFERENCIA		
-		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
-		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La medición de dióxido de nitrógeno se realizará con detectores de gases tóxicos instalados a lo largo del túnel, cada detector atenderá un sector específico de acuerdo con el proyecto de ingeniería de detalle del sistema de ventilación.		
Para cada estación de monitoreo se promediarán las mediciones de NO ₂ continuas en intervalos de 5 min, resultando el número de mediciones igual al número de secciones de control que tenga el túnel.		
Cada 15 min se escogerá el intervalo promedio de mayor concentración en el túnel, dicho valor se contrastará con la tabla de evaluación, obteniendo el nivel de desempeño del túnel en 15 minutos.		
El tiempo de exposición del usuario se calcula con la velocidad media del flujo y la longitud del túnel, como $t=D/V_m$; donde D= longitud del túnel y V_m =velocidad media del flujo de vehículos.		
La evaluación diaria y mensual se realiza con las tablas adjuntas, según el porcentaje de cumplimiento.		

Figura B.25.1: Ficha técnica para evaluar la concentración de dióxido de nitrógeno en túneles.

Fuente: Sepúlveda (2019).

El protocolo de calificación para evaluar cada túnel se presenta en la figura B.25.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
Tiempo de exposición [min]	Nivel máximo permitido (ppm de NO ₂)	BUENO	JUSTO	MALO
0 - 5	4	[0 - 3]	]3 - 4]	> 4
5 - 15	3	[0 - 2]	]2 - 3]	> 3
15 - 30	2	[0 - 1]	]1 - 2]	> 2
30 - 45	1	[0 - 0.5]	]0.5 - 1]	> 1
45 - 60	0.5	[0 - 0.2]	]0.2 - 0.5]	> 0.5
> 60	0.2	[0 - 0.1]	]0.1 - 0.2]	> 0.2

Figura B.25.2: Protocolo de calificación para cada túnel de la carretera.

Fuente: Sepúlveda (2019).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.25.3, donde existe una evaluación diaria y luego, una evaluación mensual a partir de la anterior:

EVALUACIÓN DIARIA				
		Número total de intervalos de 15 min dentro de cada rango en un día		
		BUENO	JUSTO	MALO
Calificación del indicador	MUY BUENO	96	= 0	= 0
	BUENO	≥ 48	< 48	= 0
	JUSTO	96		= 0
	MALO	-	-	1
	MUY MALO	-	-	> 1

EVALUACIÓN MENSUAL						
		Número total de días dentro de cada rango en un mes				
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Calificación del indicador	MUY BUENO	≥ 24	< 24	= 0	= 0	= 0
	BUENO	≥ 24		< 24	= 0	= 0
	JUSTO	30			= 0	= 0
	MALO	-			≥ 1	= 0
	MUY MALO	-			≥ 5	= 0
					-	≥ 1

Figura B.25.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Sepúlveda (2019).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.26. Opacidad en túneles

En la figura B.26.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la opacidad en túneles.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Opacidad	
IDENTIFICADOR	TU-SV-IT3	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicadores de nivel de servicio asociados al Sistema de Ventilación en Túneles (TU-SV-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Opacidad	PPM	Continuo
NORMATIVA DE REFERENCIA		
-		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
-		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
La medición de opacidad se realizará con opacímetros instalados a lo largo del túnel, cada opacímetro atenderá un sector específico de acuerdo con el proyecto de ingeniería de detalle del sistema de ventilación.		
Para cada estación de monitoreo se promediarán las mediciones de opacidad (K) continuas en intervalos de 5 min, resultando el número de mediciones igual al número de secciones de control que tenga el túnel.		
Cada 15 min se escogerá el intervalo promedio de mayor concentración en el túnel, dicho valor se contrastará con la tabla de evaluación, obteniendo el nivel de desempeño del túnel en 15 minutos.		
La evaluación diaria y mensual se realiza con las tablas adjuntas, según el porcentaje de cumplimiento.		

Figura B.26.1: *Ficha técnica para evaluar la opacidad en túneles.*

Fuente: Sepúlveda (2019).

El protocolo de calificación para evaluar cada túnel se presenta en la figura B.26.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)			
Nivel de Opacidad máximo [10^{-3} m^{-1}]	BUENO	JUSTO	MALO
7	[0 - 5]	[5 - 7]	> 7

Figura B.26.2: *Protocolo de calificación para cada túnel de la carretera.*

Fuente: Sepúlveda (2019).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.26.3, donde existe una evaluación diaria y luego, una evaluación mensual a partir de la anterior:

EVALUACIÓN DIARIA						
		Número total de intervalos de 15 min dentro de cada rango en un día				
		BUENO	JUSTO	MALO		
Calificación del indicador	MUY BUENO	96	= 0	= 0		
	BUENO	≥ 48	< 48	= 0		
	JUSTO	96		= 0		
	MALO	-	-	1		
	MUY MALO	-	-	> 1		

EVALUACIÓN MENSUAL								
		Número total de días dentro de cada rango en un mes						
		MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
Calificación del indicador	MUY BUENO	≥ 24	< 24	= 0	= 0	= 0		
	BUENO	≥ 24		< 24	= 0	= 0		
	JUSTO	30			= 0	= 0		
	MALO	-			≥ 1	= 0		
	MUY MALO	-			≥ 5	= 0		
					-	≥ 1		

Figura B.26.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Sepúlveda (2019).

La información que permite evaluar la opacidad en túneles, de las carreteras urbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en registros realizados por la concesión y proporcionados a la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.26.4, se registra el horario y los valores medidos para cada uno de los ejes del túnel.

Hora		Eje C1	Eje C2
		Valores Medidos	Valores Medidos
		Opacidad (K) m-1	Opacidad (K) m-1
0 - 1	1	0.00085	0.00745
1 - 2	2	0.00104	0.015
2 - 3	3	0.00087	0.015
3 - 4	4	0.00062	0.015
4 - 5	5	0.00074	0.00113
5 - 6	6	0.00163	0.00117
6 - 7	7	0.00144	0.00067
7 - 8	8	0.00263	0.00165

Figura B.26.4: *Ejemplo de información histórica de concesiones para opacidad en túneles.*

Fuente: Asesoría de inspección fiscal (AIF).

Dado que el protocolo de calificación evalúa mediante intervalos de 15 min al día y, los datos proporcionados se encuentran en intervalos de 1 hr, se considera que los cuatro intervalos de 15 min en 1 hora son constantes en cuanto a niveles de concentración de monóxido de carbono. La calificación global del indicador se realiza bajo este mismo escenario.

B.26.0.0.1. Concesión urbana 3

B.26.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se realiza la evaluación de todos los intervalos obteniendo una calificación diaria. A partir de esta evaluación diaria, se obtiene la calificación mensual. En la tabla B.26.1, se observan la cantidad de días con cierta evaluación categórica para los años 2016, 2017 y 2018. Por ejemplo, para enero de 2016, hay 26 días con calificación diaria “Muy bueno”, 1 día con calificación “Bueno”, 2 días con calificación “Malo” y 2 días con calificación “Muy malo”.

Tabla B.26.1: Cantidad de días con evaluación categórica según niveles de opacidad.

Año	Evaluación	Mes											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2016	MUY BUENO	26	21	9	11	15	18	28	22	20	23	19	23
	BUENO	1	3	16	7	3	6	0	3	5	6	2	3
	JUSTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MALO	2	1	5	8	7	3	2	3	5	1	4	3
	MUY MALO	2	4	1	4	6	3	1	3	0	1	5	2
2017	MUY BUENO	26	16	21	27	20	23	23	20	26	20	21	25
	BUENO	3	5	4	1	0	1	1	3	2	5	3	2
	JUSTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MALO	1	3	5	1	9	3	2	2	0	4	2	2
	MUY MALO	1	4	1	1	2	3	5	6	2	2	4	2
2018	MUY BUENO	24	24	27	28	27	28	27	25	25	24	24	24
	BUENO	2	1	1	0	2	1	1	1	1	3	0	2
	JUSTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MALO	3	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	4
	MUY MALO	2	3	2	1	2	1	2	4	3	3	6	1

Considerando el nivel de desempeño mensual de la tabla B.26.5, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2016 al 2018 se muestran en la tabla B.26.2.

EVALUACIÓN MENSUAL						
Número total de días dentro de cada rango en un mes						
Calificación del indicador	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
		≥ 24	< 24	= 0	= 0	= 0
		≥ 24		< 24	= 0	= 0
		30			= 0	= 0
		-			≥ 1	= 0
		-			≥ 5	= 0
	-			-	≥ 1	

Figura B.26.5: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Sepúlveda (2019).

Tabla B.26.2: *Calificación global del indicador de opacidad.*

Mes												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2016	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
2017	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
2018	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

B.27. Índice de condición de pantallas antideslumbrantes

En la figura B.27.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la integridad y funcionalidad de barreras antideslumbrantes.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Integridad y Funcionalidad de Barreras Antideslumbrantes	
IDENTIFICADOR	PD-PD-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio de barreras antideslumbrantes (PD-PD-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de barreras antideslumbramiento	hectómetro-día	Mensual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
-		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
-		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
Se debe verificar el cumplimiento de las siguientes exigencias:		
a) Las barreras antideslumbrantes deberán estar presentes, de acuerdo a lo registrado en el Proyecto de Ingeniería de Detalle.		
b) Las barreras deben encontrarse íntegras con todos sus elementos constitutivos correctamente instalados, sin roturas, sin elementos faltantes, sin elementos inclinados. En caso de un hecho fortuito, accidente, otro evento (actos vandálicos, hurtos, etc) rotura o daño de algún elemento, la Sociedad Concesionaria deberá efectuar su reparación, a su entero cargo, costo y responsabilidad.		
c) Todos los elementos deben estar limpios.		
La integridad y funcionalidad se constatará mediante inspección visual.		
En caso de detectarse cualquier incumplimiento en las exigencias de integridad y funcionalidad, existirá un plazo de reposición de 3 días .		

Figura B.27.1: *Ficha técnica para evaluar la integridad y funcionalidad de barreras antideslumbrantes.*

Fuente: Oyarzún (2019).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.27.2 :

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [hmf-día]				
0	1	2	3	≥ 4

Figura B.27.2: *Protocolo de calificación global del indicador.*

Fuente: Oyarzún (2019).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.28. Índice de condición de cercos y portones

En la figura B.28.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la integridad y funcionalidad de cercos y portones.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Integridad y Funcionalidad de Cercos y Portones.	
IDENTIFICADOR	CP-CP-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado al activo de cercos y portones (CP-CP-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de cercos y portones	kmf-día	Mensual
NORMATIVA DE REFERENCIA		
-		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
-		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
Se debe verificar el cumplimiento de las siguientes exigencias:		
a) Los cercos y cierros deberán estar presentes, sin roturas, sin elementos faltantes, con los postes verticales, sin inclinación.		
b) Los elementos de segregación destinados a separar modos de transporte o canalizar vehículos, como por ejemplo, las vallas peatonales que separan vehículos de peatones, cierros que delimitan el eje troncal de calzadas laterales, deben estar presentes, de acuerdo a lo registrado en el Proyecto de Ingeniería de Detalle, y sin daños.		
La integridad y funcionalidad se constatará mediante inspección visual.		
Existirá un plazo de reposición de 3 días , no obstante, en caso de que se detecten incumplimientos que representen un peligro para los usuarios, se debe actuar con una medida de contingencia dentro de 24 horas de ser reportado. Si dicha medida no se aplica dentro este plazo, se contabilizará el indicador desde el momento en que es reportado.		

Figura B.28.1: Ficha técnica para evaluar la integridad y funcionalidad de cercos y portones.

Fuente: Oyarzún (2019).

En la figura B.28.2 se presenta el protocolo de calificación global del indicador:

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [kmf-día]				
0	1	2	3	≥ 4

Figura B.28.2: Protocolo de calificación del indicador.

Fuente: Oyarzún (2019).

La información que permite caracterizar el desempeño de los cercos y portones durante la etapa de explotación, de las carreteras interurbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en observaciones realizadas por la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.28.3 se registra el número de identificación del cerco, el kilometraje, sentido de ubicación y la observación que describe el problema detectado.

Nombre	Observaciones
Cerco alambre pua 5 hebras n° 33; Km 266.000 - 266.606; Calzada ascendente	Cerco se encuentra con hebras de alambre cortadas, KM 266,500 se informa a centro de control
Cerco alambre con malla inferior n° 34; Km 266.600 - 268.180; Calzada ascendente	Falta hebra superior en cerco. KM 267,500 Se informa a centro de control.
Cerco alambre pua 5 hebras n° 226; Km 243.700 - 244.600; Calzada descendente	Se observa cerco con todas sus hebras cortadas, se informa a centro de control a las 12:57hrs.Alta.
Cerco alambre pua 5 hebras n° 215; Km 260.360 - 264.720; Calzada descendente	Se observa tramo sin cerco, se informa a centro de control a las 14:30hrs.Alta.
Cerco alambre pua 5 hebras n° 209; Km 261.500 - 261.560; Calzada descendente	Tramo de 120 m sin cerco perimetral.
Cerco alambre pua 5 hebras n° 205; Km 262.400 - 262.730; Calzada descendente	Cerco con segunda línea de alambra de puas cortado
Cerco alambre pua 5 hebras n° 30; Km 263.000 - 263.400; Calzada ascendente	Cerco con segunda,tercera,y cuarta línea de alambra de puas cortado
Cerco alambre pua 5 hebras n° 199; Km 264.995 - 265.590; Calzada descendente	Km 265.800 Primera y Segunda hebras de cables cortada. Baja.
Cerco alambre pua 5 hebras n° 33; Km 266.000 - 266.606; Calzada ascendente	Cerco con segunda, tercera ,cuarta y quinta línea de alambres cortadas
Cerco alambre pua 5 hebras n° 33; Km 266.000 - 266.606; Calzada ascendente	Cuarta y Quinta Hebra de Alambre Cortadas en el PK 266.100
Cerco alambre pua 5 hebras n° 33; Km 266.000 - 266.606; Calzada ascendente	Km 266,000Cerco con alambres de puas cortados, sueltos y dos postes en el suelo
Cerco alambre pua 5 hebras n° 33; Km 266.000 - 266.606; Calzada ascendente	Poste de cerco perimetral quebrado
Cerco alambre pua 5 hebras n° 33; Km 266.000 - 266.606; Calzada ascendente	Se observa cerco con todas sus hebras cortadas, se informa a centro de control a las 14:30hrs.Alta.

Figura B.28.3: *Ejemplo de información histórica de concesiones para cercos y portones.*

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

La naturaleza de las observaciones permite verificar el incumplimiento de las exigencias definidas en la ficha técnica, considerando un plazo máximo de 3 días para reposición de los elementos.

B.28.0.0.1. Concesión zona norte

B.28.0.0.1.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan el número de fallas mensuales de integridad y funcionalidad para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.28.1 se observan estos resultados.

Tabla B.28.1: *Número de fallas mensuales en exigencias de integridad y funcionalidad de cercos y portones.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	10	0	0	0	0	0	2	17	0	4	0	0	33
2014	5	4	8	3	3	5	8	9	3	3	3	3	57
2015	2	0	2	0	25	11	5	0	12	0	8	6	71
2016	0	0	5	9	0	0	12	1	0	0	3	4	34
2017	0	0	33	0	0	0	7	0	0	0	0	0	40
2018	0	0	5	0	0	0	9	0	0	0	0	0	14

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.28.2, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2013 al 2018 se muestran en la tabla B.28.3.

Tabla B.28.2: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [kmf-día]				
0	1	2	3	≥ 4

Tabla B.28.3: *Calificación global para el indicador de cercos y portones.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
2014	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MALO	MALO
2015	JUSTO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO
2016	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO
2017	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.28.0.0.2. Concesión zona centro

B.28.0.0.2.1. Evaluación considerando protocolo de calificación propuesto en el modelo de nivel de servicio

En base a los datos históricos, se calculan el número de fallas mensuales de integridad y funcionalidad para cada mes de los años con los que se cuenta información. En la tabla B.28.4 se observan estos resultados.

Tabla B.28.4: *Número de fallas mensuales en exigencias de integridad y funcionalidad de cercos y portones.*

Año	Mes												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2013	0	0	5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	9
2014	0	0	0	9	2	6	0	6	0	0	0	5	28
2015	0	0	0	0	0	1	8	19	7	15	5	2	57
2016	2	13	0	8	6	3	4	0	1	5	5	0	47
2017	3	8	0	0	2	12	0	0	0	0	0	0	25
2018	8	9	0	5	6	3	4	0	0	0	0	0	35

Considerando el nivel de desempeño de la tabla B.28.5, las calificaciones para cada uno de los meses de los años 2013 al 2018 se muestran en la tabla B.28.6.

Tabla B.28.5: *Protocolo de calificación para la carretera.*

NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [kmf-día]				
0	1	2	3	≥ 4

Tabla B.28.6: *Calificación global para el indicador de cercos y portones.*

Año	Mes											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2013	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2014	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO
2015	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	JUSTO
2016	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO
2017	MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
2018	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

B.29. Aumento en los tiempos medios de viaje

En las figuras B.29.1 y B.29.2 se presenta la ficha técnica que permite evaluar los aumentos en los tiempos de viaje de cada tramo de la carretera. Los tramos están definidos por las entradas y salidas de la vía, en donde es necesario el emplazamiento de pórticos de peaje free-flow.

IDENTIFICADOR	NOMBRE	
AI-TV-FT1	Tiempos de viaje	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
% aumento tiempos de viaje medios diarios	%	15 minutos
NORMATIVA DE REFERENCIA		
Especificaciones para la Interoperabilidad en la Transacción Antena - Transponder		
CEN TC278/GSS-A1		
Normativa de cumplimiento de calidad (ISO 9001)		
EQUIPO DE MEDICIÓN		
Sensores TRX y VR		
Señalización variable		
Sensores de visibilidad (Que detecte lluvia, neblina, nieve, humo, polvo).		
Con las siguientes especificaciones mínimas		
Precisión: ± 10% RMSE		
Intervalo medición: Continuo		
Visibilidad: 30m - 16km		
Circuitos cerrados de cámaras (CCTV), con detección de incidentes y accidentes.		
METODO DE MEDIDA		
Los sensores TRX de los porticos de peaje registran la entrada y salida de cada vehículo en el tramo analizado, pudiendose obtener el tiempo de viaje para cada uno de ellos, luego se promedian todos los valores obtenidos en cada intervalo horario de 15 minutos cada uno (tiempo medio de viaje del tramo).		
Se calcula el aumento porcentual del tiempo medio de viaje de cada bloque horario (15 minutos) respecto a su correspondiente bloque del patrón de tiempos de viaje (Definido en el informe técnico), mediante la siguiente expresión:		
$\%TV = \frac{t_{patrón_i} - t_i}{t_{patrón_i}}$		
Donde:		
%TV _i = Reducción de capacidad para el intervalo i. [%]		
t _i = Tiempo medio de viaje en intervalo i. [s]		
t _{patrón_i} = Tiempo medio de viaje patrón en intervalo i. [s]		
i = Número del intervalo de 15 minutos durante un día. i:1, . . . ,96		

Figura B.29.1: *Ficha técnica para evaluar los aumentos en los tiempos de viaje.*

Fuente: UTFSM (2019c).

Se considera que estos aumentos en los tiempos de viaje es atribuible a la gestión de la concesionaria si es debido a una de las siguientes causas:

- Zonas de trabajo.
- Mediciones de parámetros técnicos.
- Accidentes o incidentes en donde no se cumple el respectivo plan de medidas contra accidentes e incidentes.
- Eventos climaticos en donde no se cumple el respectivo plan de gestión de clima.
- Atrasos en sistemas de peaje en donde no se cumple el plan de gestión de sistemas de peaje.

No se considerará responsabilidad de la concesionaria en las siguientes situaciones:

- Desastres naturales.
- Acciones de terceros (MOP).
- Accesos a tramos ajenos a la concesionaria.
- Pruebas de sistemas contra incendios de túneles.
- Aumento inesperado del flujo vehicular.
- Días festivos

Para evaluar el indicador que ingresa al modelo de nivel de servicio para el usuario que transita por la vía, es necesario transformar la evaluación obtenida cada 15 minutos por una diaria, para ello se pondera el aumento de tiempos de viaje medio de cada bloque horario por el flujo que transita por el mismo, se utiliza la siguiente expresión:

$$\%TV_d = \sum_{i=1}^{i=96} \frac{\text{tránsito}_{d,i}}{\text{tránsito}_d} * \frac{t_{\text{patrón}_{d,i}} - t_{d,i}}{t_{\text{patrón}_{d,i}}}$$

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

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

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

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

$\text{tránsito}_{d,i}$ = Tránsito circulante en el intervalo i el día d. [N°]

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

Figura B.29.2: Ficha técnica para evaluar los aumentos en los tiempos de viaje (continuación).

Fuente: UTFSM (2019c).

El protocolo de calificación para evaluar cada tramo de la carretera se presenta en la figura B.29.3.

NIVELES DE DESEMPEÑO [POR BLOQUE HORARIO]				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE AUMENTO EN TIEMPOS DE VIAJES MEDIOS DIARIOS [%]				
≤2	]2-4]	]4-6]	]6-8]	>8

Figura B.29.3: Ficha técnica para evaluar cada tramo de la carretera.

Fuente: UTFSM (2019c).

El protocolo de calificación global del indicador se presenta en la figura B.29.4.

% 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

Figura B.29.4: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: UTFSM (2019c).

Para obtener la calificación del indicador técnico se utiliza información proporcionada por la asesoría de inspección fiscal (AIF) de la concesión urbana 1. Cabe destacar que los comportamientos de las carreteras interurbanas y urbanas son distintos, pero aun así se utiliza esta información para poder observar el comportamiento del indicador.

A continuación, se analizan 3 tramos de la concesión, los cuales se escogen debido a que su comportamiento es similar a los tramos de las autopistas interurbanas.

1. Tramo 1 (O-P): 6.000 m
2. Tramo 2 (O-P): 4.500 m
3. Tramo 3 (P-O): 3.000 m

A continuación, se presenta la metodología de cálculo:

Para cada tramo se calcula el patrón de tiempos medios de viaje en bloques horarios de 15 minutos, para ello, se determinan los tiempos de viaje promedio para cada bloque en situación normal para el año X, estos tiempos de viaje se agrupan de la siguiente manera:

- 7 patrones diarios (lunes a domingo) para el período enero-febrero.
- 7 patrones diarios (lunes a domingo) para el período marzo-diciembre.

Se define como situación normal, cuando no ocurre ningún evento que provoque aumentos en los tiempos de viaje (todos estos eventos tienen que ser informados por la concesionaria). En la figura B.29.5, se presenta un ejemplo de cálculo de patrón para el tramo 1 en el período marzo-diciembre.

Tramo Horario		Tiempos de viaje medios [s]						
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
14:00	14:15	248	226	241	253	266	238	223
14:15	14:30	249	228	243	253	269	237	223
14:30	14:45	251	230	242	255	267	236	222
14:45	15:00	251	230	242	255	264	235	222
15:00	15:15	252	230	243	256	271	234	222
15:15	15:30	254	232	245	259	275	234	222
15:30	15:45	255	235	249	260	279	236	223
15:45	16:00	255	235	250	261	283	235	224
16:00	16:15	258	235	251	263	293	235	225
16:15	16:30	260	240	251	268	308	236	226
16:30	16:45	259	242	254	271	319	237	228
16:45	17:00	264	245	264	279	330	237	229
17:00	17:15	274	250	272	288	345	238	229
17:15	17:30	307	278	296	319	373	239	230
17:30	17:45	325	311	337	346	401	238	231
17:45	18:00	362	335	376	382	411	238	232
18:00	18:15	402	371	411	415	411	240	233
18:15	18:30	435	389	425	428	417	239	234
18:30	18:45	429	390	410	427	434	239	233
18:45	19:00	418	382	407	437	424	236	233
19:00	19:15	412	374	405	431	399	235	233
19:15	19:30	402	376	408	416	380	237	234
19:30	19:45	363	325	378	386	350	237	235
19:45	20:00	314	283	316	344	315	239	236

Figura B.29.5: *Ejemplo de patrón de tiempos de viaje tramo 1 de marzo-diciembre.*

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el patrón de tiempos de viaje del año X, se calcula el aumento porcentual de los tiempos medios de viaje del año X+1, comparando los valores de cada bloque horario del año X+1 con los resultados obtenidos del año X.

Con el patrón de tiempos medios de viaje obtenido anteriormente, se realiza el cálculo del aumento porcentual de los tiempos de viaje respecto al patrón, en la siguiente figura se presenta un ejemplo de cálculo del indicador para un bloque horario (15 minutos) y, también su evaluación diaria para un mes entero.

Tramo Horario		Tiempos de viaje medios [s]		%Aumento tiempo de viajes
		MIÉRCOLES PATRÓN 2017	MIÉRCOLES 09 MAYO 2018	
14:00	14:15	241	244	1,11%
14:15	14:30	243	248	1,87%
14:30	14:45	242	250	3,34%
14:45	15:00	242	251	3,54%
15:00	15:15	243	245	0,64%
15:15	15:30	245	270	10,14%
15:30	15:45	249	270	8,69%
15:45	16:00	250	253	1,23%
16:00	16:15	251	262	4,15%
16:15	16:30	251	260	3,85%
16:30	16:45	254	266	4,53%
16:45	17:00	264	274	3,70%
17:00	17:15	272	283	4,19%
17:15	17:30	296	336	13,38%
17:30	17:45	337	414	22,72%
17:45	18:00	376	465	23,77%
18:00	18:15	411	472	14,85%
18:15	18:30	425	470	10,68%
18:30	18:45	410	503	22,77%
18:45	19:00	407	484	19,02%
19:00	19:15	405	494	22,04%
19:15	19:30	408	469	15,00%
19:30	19:45	378	456	20,64%
19:45	20:00	316	332	5,24%

$$\%TV = \frac{t_{patrón_i} - t_i}{t_{patrón_i}}$$



$$\%TV_d = \sum_{i=1}^{i=96} \frac{\text{tránsito}_{d,i}}{\text{tránsito}_d} * \frac{t_{patrón_{d,i}} - t_{d,i}}{t_{patrón_{d,i}}}$$



FERIADO	AUMENTO TIEMPOS DE VIAJE MEDIOS DIARIOS [%]							EVALUACIÓN
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
MAYO 2018	-0,17%	0,00%	0,00%	-0,05%	-0,40%	-0,02%	0,00%	Muy Bueno
	0,00%	-0,64%	-0,09%	-3,27%	0,00%	-0,17%	0,00%	
	0,00%	-0,27%	-0,02%	-3,41%	0,00%	0,00%	-0,02%	
	0,00%	-0,21%	-0,35%	-1,35%	0,00%	-0,02%	-0,01%	
		-1,85%	-0,10%	0,00%				

Figura B.29.6: Evaluación indicador por bloque horario y diaria para el mes de mayo 2018 del tramo 1.

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el mismo procedimiento anterior para todos los meses de los 3 tramos analizados y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla B.29.1: *Resultados del indicador mensual para tres tramos de la concesión*

Mes	TRAMO		
	1	2	3
Enero	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Febrero	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Marzo	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO
Abril	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO
Mayo	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Junio	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Julio	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Agosto	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Septiembre	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO
Octubre	JUSTO	MUY BUENO	BUENO
Noviembre	JUSTO	MALO	MALO
Diciembre	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO

El indicador de aumento en los tiempos medios de viaje proporciona información relevante de como la concesión esta gestionando los eventos que reduzcan temporalmente la capacidad de la vía.

B.30. Índice de condición de señalización vertical informativa

En la figuras B.30.1 y B.30.2 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el nivel de desempeño de las señales verticales informativas.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Integridad y funcionalidad de las señalización vertical informativa	
IDENTIFICADOR	SE-VP-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado al nivel de desempeño de las señales verticales (SE-VP-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de condición de señalización vertical informativa	señales-día	Mensual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
Numeral 6.302.305 "Retrorreflexión y Luminancia en Señales" del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018. Basada en la Norma ASTM D 4956.		
Numeral 6.302.306 "Emplazamiento de las Señales Verticales" del Manual de Carreteras Volumen 6.		
Numeral 6.301.802 "Control del nivel de deterioro" del Manual de Carreteras Volumen 6.		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Retrorrefleómetro según Norma ASTM D4956 para la medición de retrorreflectancia.		
Equipo GPS para la ubicación de las señales verticales.		
Se usará una huincha o regla estandarizada para medir el área con daños en la placa para la medición de la integridad de las señales verticales.		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
El nivel de desempeño de las señales verticales considera el cumplimiento de los estándares de retrorreflexión, ubicación e integridad de cada una de las señales verticales de la carretera. Se considera un incumplimiento del indicador cuando alguno de los tres estándares previamente indicados no se cumplen en los plazos de reposición establecidos.		
La medición de retrorreflexión se realizará para el total de señales verticales de la carretera, según el método indicado en el Numeral 6.302.305 del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018 y la Norma ASTM D 4956. Los indicadores mínimos a cumplir se muestran en la Tabla 6.302.305.F, del Manual de Carreteras Volumen 6, Edición 2018.		
En cuanto a la ubicación, las señales verticales deben ubicarse según la posición definida en el proyecto de señalizaciones y demarcaciones con su respectiva georreferenciación y ser inequívocamente legibles por un conductor desplazándose a la velocidad máxima permitida. La posición de la totalidad de las señales verticales deben cumplir en todo momento lo indicado en las tablas 6.302.306.A y 6.302.306.B del Manual de Carreteras Volumen 6.		
En relación a la integridad de las señales, los materiales base deben cumplir lo indicado en la Tabla 6.301.802.A del Manual de Carreteras Volumen 6. Se analizará la totalidad de las señales verticales de forma individual. Las señales verticales y sus elementos de apoyo, cualquiera sean estos, no deben tener ampollas, fisuras, escamas, desgaste, erosión, ni zonas oxidadas o vandalizadas ni pérdida de color o tono por envejecimiento o suciedad. La placa de las señales no debe tener dobleces, torceduras o abolladuras. Los elementos de sujeción de la señalización vertical deben estar presentes, íntegros, firmes y en buen estado.		
Se considera dentro de la evaluación todas las señales verticales informativas del área de concesión, tanto las de la vía principal, los accesos, enlaces y vías de servicio.		

Figura B.30.1: Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las señales verticales informativas.

Fuente: Udec(2019d).

El cálculo del nivel de desempeño de las señales verticales se estima por medio de la no disponibilidad diaria de señales, según:		
$X = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^S \alpha_{ij}$		
Donde,		
X: Días totales de no disponibilidad de señales verticales (señal-día/mes)		
N: Días del mes a evaluar		
S: Total de señales en la concesión		
α_{ij} : Existencia de incumplimiento en el día i de la señal j		
$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } R_{ij} + U_{ij} + D_{ij} \neq 0 \\ 0 & \text{si } R_{ij} + U_{ij} + D_{ij} = 0 \end{cases}$		
$R_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si } d_{jR} - b_R \leq 0 \\ d_{jR} - b_R & \text{si } d_{jR} - b_R > 0 \end{cases}$		
$U_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si } d_{jU} - b_U \leq 0 \\ d_{jU} - b_U & \text{si } d_{jU} - b_U > 0 \end{cases}$		
$D_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si } d_{jD} - b_D \leq 0 \\ d_{jD} - b_D & \text{si } d_{jD} - b_D > 0 \end{cases}$		
Donde:		
R_{ij} : No cumplimiento del valor mínimo de retrorreflexión establecido en la Tabla 6.302.305.F en el día i de la señal j (días)		
d_{jR} : Días totales en que la señal j no cumple el valor mínimo de Retrorreflexión		
b_R : Tiempo de reposición permitido para el valor mínimo de Retrorreflexión		
U_{ij} : No cumplimiento del valor mínimo de ubicación establecido en las Tablas 6.302.306.A y 6.302.306.B en el día i de la señal j (días)		
d_{jU} : Días totales en que la señal j no cumple el estándar de Ubicación		
b_U : Tiempo de reposición permitido para el estándar de Ubicación		
D_{ij} : No cumplimiento del valor mínimo de integridad establecido en la Tabla 6.301.802.A en el día i de la señal j (días)		
d_{jD} : Días totales en que la señal j no cumple el estándar de Integridad		
b_D : Tiempo de reposición permitido para el estándar de Integridad		
Los valores b_R , b_U y b_D se definen como tres (3) días.		

Figura B.30.2: Ficha técnica para evaluar el nivel de desempeño de las señales verticales (continuación).

Fuente: Udec(2019d).

En la figura B.30.3 se presenta el protocolo de calificación global del indicador:

NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Días totales de no disponibilidad de señales verticales (X, señal-día/mes)				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Figura B.30.3: Protocolo de calificación global del indicador.

Fuente: Udec(2019d).

La información que permite caracterizar el desempeño de las señales verticales informativas durante la etapa de explotación, de las carreteras interurbanas concesionadas descritas anteriormente, consiste en observaciones realizadas por la asesoría de inspección fiscal (AIF) correspondiente. Como se muestra en la figura B.30.4 se registra el número de identificación de la señal, el kilometraje y sentido de ubicación, el tipo de señal (informativa) y la observación que describe el problema detectado.

Nombre	KmInicio	Observaciones
Señal n° 9; Km 230.400; Lado Derecho; informativa	230,400	señal con oxido en sus pernos de sujecion
Señal n° 11; Km 231.000; Lado Izquierdo; informativa	231,000	Se detecta señal con problemas en su soporte, lamina y placa.
Señal n° 47; Km 243.450; Lado Derecho; informativa	243,450	Señal Informativa "Retorno en enlace" enderezar soporte
Señal n° 56; Km 244.080; Lado Derecho; informativa	244,080	Señal "Playa Chigualoco" cambiar problemas en lamina, placa y sujecion
Señal n° 56; Km 244.080; Lado Derecho; informativa	244,080	Señal con presencia de oxido
Señal n° 59; Km 244.230; Lado Derecho; informativa	244,230	Lamina con desgaste y deterioro. Media. Enlace Chigualoco, Ramal Surponiente lado derecho.
Señal n° 72; Km 244.230; Lado Derecho; informativa	244,230	Señal con presencia de oxido en lamina y soporte
Señal n° 76; Km 244.340; Lado Derecho; informativa	244,340	Señal Informativa "Playa Chigualoco" lamina se debe cambiar
Señal n° 79; Km 244.730; Lado Derecho; informativa	244,730	Señal con presencia de oxido y grafitti en lamina
Señal n° 79; Km 244.730; Lado Derecho; informativa	244,730	Señal Informativa con daño en lamina.
Señal n° 84; Km 244.860; Lado Derecho; informativa	244,860	Señal Informativa con daños en lamina

Figura B.30.4: *Ejemplo de información histórica de concesiones para señales verticales informativas.*

Fuente: Dirección General de Concesiones de Obras Públicas (DGCOP).

La naturaleza de las observaciones no cuenta con mediciones de retroreflexión mediante un Retroreflectómetro normado (Norma ASTM D4956), tampoco cuenta con la ubicación de las señales mediante un Equipo GPS ni con las mediciones de daños en la placa para evaluar la integridad como se establece en la ficha técnica; sin embargo, es posible clasificarlas según el tipo de incumplimiento (Retroreflexión, Ubicación, Integridad). Para obtener la calificación del indicador técnico utilizando estos datos se consideraron los siguientes criterios:

1. Si las observaciones hacen referencia a un problema de limpieza de la placa, por ejemplo: “señal sucia”, se asocia a un incumplimiento de Retroreflexión .
2. Si las observaciones hacen referencia a un emplazamiento inadecuado de una señal, por ejemplo: “falta de señal vertical”, se asocia a un incumplimiento de Ubicación .
3. Si las observaciones hacen referencia a un daño en la placa o en alguno de los elementos que constituyen la señal vertical, por ejemplo: “daño en el poste”, “desgate”, “grafitti” o similar, se asocia a un incumplimiento de Integridad.

Luego de establecer estos criterios, se calcula el nivel de desempeño para cada concesión.

B.31. Porcentaje diario de atención telefónica

En la figura B.31.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desempeño de la atención telefónica.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica					
CARACTERÍSTICA	Atención telefónica					
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT1					
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)					
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María					
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA				
Porcentaje diario de atención telefónica [AT]	%	Diario				
NORMATIVA DE REFERENCIA						
-						
EQUIPO DE MEDICIÓN						
Registro de llamadas recibidas en la infraestructura de telecomunicaciones del Concesionario.						
MÉTODO DE MEDIDA						
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.						
NIVELES DE DESEMPEÑO						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
RANGOS DE PORCENTAJES DIARIOS DE ATENCIÓN TELEFÓNICA [%]						
]95-100]	]90-95]	]87-90]	]50-87]	< 50
ATENCIÓN TELEFÓNICA		DÍAS AL MES CON MEDICIONES EN "X" NIVEL				
]95-100]]90-95]]87-90]]50-87]	< 50
EVALUACIÓN MENSUAL DEL INDICADOR	MUY BUENO	≥ 15	< 15		= 0	= 0
	BUENO	≥ 15	< 15		= 0	= 0
	JUSTO	≥ 29		≤ 1	= 0	
	MALO	-		≤ 1	= 0	
	MUY MALO	-		> 1	≤ 1	
		-		> 1		

Figura B.31.1: Ficha técnica para evaluar el desempeño de la atención telefónica.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.32. Porcentaje diario de atención telefónica oportuna

En la figura B.32.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desempeño de la atención telefónica oportuna.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica					
CARACTERÍSTICA	Atención telefónica oportuna					
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT2					
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)					
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María					
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA				
Porcentaje diario de atención telefónica oportuna [APO]	%	Diario				
NORMATIVA DE REFERENCIA						
-						
EQUIPO DE MEDICIÓN						
Registro horario de cada llamada atendida en la infraestructura de telecomunicaciones del Concesionario.						
METODO DE MEDIDA						
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.						
NIVELES DE DESEMPEÑO						
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO		
RANGOS DE PORCENTAJE DIARIO DE ATENCIÓN TELEFÓNICA OPORTUNA [%]						
]95-100]	]90-95]	]85-90]	]50-85]	< 50
ATENCIÓN TELEFÓNICA OPORTUNA		DÍAS AL MES CON MEDICIONES EN "X" NIVEL				
]95-100]]90-95]]85-90]]50-85]	< 50
EVALUACIÓN MENSUAL DEL INDICADOR	MUY BUENO	≥ 15		< 15	= 0	= 0
	BUENO	≥ 15		< 15	= 0	= 0
	JUSTO		≥ 29		≤ 1	= 0
	MALO		-		≤ 1	= 1
	MUY MALO		-		> 1	≤ 1
			-		> 1	> 1

Figura B.32.1: Ficha técnica para evaluar el nivel el desempeño de la atención telefónica oportuna.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.33. Porcentaje mensual de atención presencial oportuna

En la figura B.33.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desempeño de la atención presencial oportuna.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Atención presencial oportuna			
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT3			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de atención presencial oportuna [APO]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Registro horario de atención de ticket.				
MÉTODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE ATENCIÓN PRESENCIAL OPORTUNA [%]				
]99-100]]98-99]]95-98]]90-95]	≤ 90

Figura B.33.1: Ficha técnica para evaluar el desempeño de la atención presencial oportuna.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.34. Porcentaje mensual de respuestas emitidas oportunamente

En la figura B.34.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desempeño de las respuestas emitidas oportunamente.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Respuestas emitidas oportunamente			
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT4			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de respuestas emitidas oportunamente [REO]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Registro de fecha de ingreso y respuesta de reclamos.				
METODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE RESPUESTAS EMITIDAS OPORTUNAMENTE [%]				
]99-100]	//	]98-99]	]95-98]	≤ 95

Figura B.34.1: Ficha técnica para evaluar el desempeño de las respuestas emitidas oportunamente.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.35. Porcentaje mensual de coherencia de la información entregada

En la figura B.35.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el la coherencia de la información entregada.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Coherencia de la información entregada			
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT5			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de coherencia de la información entregada [CIE]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Estudios de coherencia de respuestas.				
METODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los resultados mensuales obtenidos del estudio de coherencia de respuesta descrito en los en el informe técnico. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE COHERENCIA DE LA INFORMACIÓN ENTREGADA [%]				
]99-100]	]98-99]	]95-98]	]90-95]	≤ 90

Figura B.35.1: Ficha técnica para evaluar el desempeño en la coherencia de la información entregada.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.36. Porcentaje mensual de disponibilidad página web

En la figura B.36.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la disponibilidad de la página web.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Disponibilidad de la página web			
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT6			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de disponibilidad de la página web [DPW]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Informes de Hosting del servicio de monitoreo, presentado en el informe técnico.				
METODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación, con los cuales se elaboran los informes de Hosting. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE DISPONIBILIDAD DE LA PÁGINA WEB[%]				
]99,5-100]	//	]98-99,5]	]95-98]	< 95

Figura B.36.1: Ficha técnica para evaluar la disponibilidad de la página web.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.37. Porcentaje mensual de disponibilidad oficina atención

En la figura B.37.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la disponibilidad de las oficinas de atención.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Disponibilidad de las oficinas de atención			
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT7			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de disponibilidad de las oficinas de atención [DOA]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Registro de apertura y cierre de los sistemas de atención de público de cada una de las oficinas.				
MÉTODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE DISPONIBILIDAD DE LAS OFICINAS DE ATENCIÓN [%]				
100	//	//	//	< 100

Figura B.37.1: Ficha técnica para evaluar la disponibilidad de las oficinas de atención.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.38. Porcentaje mensual de disponibilidad del canal telefónico

En la figura B.38.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la disponibilidad del canal telefónico.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Disponibilidad del canal telefónico			
IDENTIFICADOR	AI-AU-FT8			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar la atención de usuarios (AI-AU-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de disponibilidad del canal telefónico [DCT]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Registro del software de gestión telefónica de la empresa prestadora del servicio.				
METODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSIAL DE DISPONIBILIDAD DEL CANAL TELEFÓNICO [%]				
]99,5-100]	//	]98-99,5]	]95-98]	≤ 95

Figura B.38.1: Ficha técnica para evaluar la disponibilidad del canal telefónico.

Fuente: UTFSM (2019d).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.39. Porcentaje mensual de facturas emitidas

En la figura B.39.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desempeño de las facturas emitidas.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Facturas emitidas			
IDENTIFICADOR	AI-CF-FT1			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar el cobro y la facturación (AI-CF-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de facturas emitidas [FE]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Registro de facturación.				
MÉTODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE FACTURAS EMITIDAS [%]				
100	//	//	//	<100

Figura B.39.1: *Ficha técnica para evaluar el desempeño de las facturas emitidas.*

Fuente: UTFSM (2019e).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.40. Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios físicos

En la figura B.40.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desempeño de las facturas despachadas oportunamente por medios físicos.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Facturas despachadas oportunamente por medios físicos			
IDENTIFICADOR	AI-CF-FT2			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar el cobro y la facturación (AI-CF-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios físicos [FDOF]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Registro de facturación.				
METODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE FACTURAS DESPACHADAS OPORTUNAMENTE POR MEDIOS FÍSICOS [%]				
]99,9-100]	//]99,6-99,9]]99-99,6]	< 99

Figura B.40.1: Ficha técnica para evaluar el desempeño de las facturas despachadas oportunamente por medios físicos.

Fuente: UTFSM (2019e).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.41. Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos

En la figura B.41.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el desempeño de las facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos			
IDENTIFICADOR	AI-CF-FT3			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de indicador de nivel de servicio para evaluar el cobro y la facturación (AI-CF-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Porcentaje mensual de facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos [FDOE]	%	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
Registro de facturación.				
METODO DE MEDIDA				
Para contabilizar la información necesaria para obtener este indicador se utilizan los registros efectuados en la Bitácora que está definida como parte del SIC-NS según lo señalado en las Bases de Licitación. La metodología de cálculo se encuentra en el informe técnico.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGOS DE PORCENTAJE MENSUAL DE FACTURAS DESPACHADAS OPORTUNAMENTE POR MEDIOS ELECTRÓNICOS [%]				
]99,9-100]	]99,8-99,9]	]99,6-99,8]	]99-99,6]	< 99

Figura B.41.1: Ficha técnica para evaluar el desempeño de las facturas despachadas oportunamente por medios electrónicos.

Fuente: UTFSM (2019e).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.42. Índice de limpieza general

En la figuras B.42.1 y B.42.2 se presenta la ficha técnica que permite evaluar la limpieza del área de concesión.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica	
CARACTERÍSTICA	Limpieza del área de concesión	
IDENTIFICADOR	XX-XX-FT1	
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a la limpieza del área de concesión (XX-XX-IT1)	
DESARROLLADO POR	Universidad de Concepción	
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA
Índice de limpieza general	Hectómetro-día/mes	Mensual
NORMATIVAS DE REFERENCIA		
-		
EQUIPOS DE MEDICIÓN		
Inspección visual		
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES		
Se deberá realizar la eliminación selectiva de vegetación existente dentro del Área de Concesión, a excepción de aquella referida en las áreas de paisajismo y espacio público. La limpieza comprende además, la eliminación de ramaje aéreo y el retiro de cualquier desecho, escombro u otro material en desuso que se encuentre dentro del Área de Concesión, cualquiera sea su procedencia.		
Las exigencias que deben cumplirse son las siguientes:		
- E1: Las señales camineras deben encontrarse completamente libres de cualquier vegetación que impida su visión desde, a lo menos, 150 metros de distancia.		
- E2: La velocidad de proyecto de la carretera, y los radios de las curvas horizontales definen un despeje lateral mínimo, que asegure la distancia de visibilidad de parada o adelantamiento, como se especifica en los tópicos 3.202.2 y 3.202.3 del Manual de Carreteras, Volumen 3, Edición 2018.		
- E3: En islas u otras áreas de seguridad, o encauzamiento del tránsito que vira o ingresa a la carretera, ninguna vegetación deberá quedar con altura mayor a 0.20 metros.		
- E4: Los arbustos y malezas que arraiguen dentro de elementos de drenaje, tales como fosos, contrafosos, sifones y otros deben retirarse completamente.		
- E5: Deben talarse los árboles de arbusto de tronco de 150 mm o más de diámetro, en las zonas laterales de seguridad de la vía en superficie, pues aumentan la severidad de un eventual accidente.		
- E6: La limpieza del Área de Concesión se ejecutará permanentemente, no pudiendo presentar sectores en que el alto de la maleza supere los 0.3 metros, salvo excepciones que deberán contar con la autorización del Inspector Fiscal.		
- E7: No deben existir ramas ni otro objeto que se encuentre a menos de 5 metros por encima de las pistas de circulación. Sobre la calzada y las bermas podrán existir ramas de árboles, siempre y cuando estén sobre los 5 metros de altura, firmes y sin riesgo de caer.		
- E8: Se deberá mantener siempre limpia el área no pavimentada de la vía en superficie, esto es, no deben existir elementos extraños o ajenos al terreno natural, tales como: basuras, desechos, escombros y residuos. Se exceptúan las áreas de paisajismo y espacio público.		
Cuando se detecte el incumplimiento de cualquiera de las exigencias establecidas, se dispondrá de 2 días para subsanar el(los) incumplimiento(s). En caso contrario, el hectómetro evaluado se declara en estado de incumplimiento.		

Figura B.42.1: Ficha técnica para evaluar la limpieza del área de concesión.

Fuente: UdeC (2019n).

El cálculo del nivel de desempeño del hectómetro se estima por medio del no cumplimiento diario de la sección, según:				
$X = \sum_{k=1}^d \sum_{j=1}^n I_{j,k}$				
Donde:				
X: Días totales de no cumplimiento de secciones por mes.				
I_{j,k}: Es la variable que representa el estado de incumplimiento del hectómetro de concesión "j" en el día "k". Adopta el valor 1 si la sección se encuentra en estado de incumplimiento en dicho día, en caso contrario adopta el valor 0.				
k: Es el sub índice que representa el contador de los días del mes a evaluar.				
j: Es el sub índice que representa el contador de los hectómetros de la concesión.				
d: Número total de días del mes a evaluar.				
n: Número total de hectómetros de la concesión.				
El indicador corresponderá, por lo tanto, a la suma total de los días de incumplimiento (fuera del tiempo de reposición) de cada hectómetro de concesión declarado en dicho estado durante el mes.				
NIVELES DE DESEMPEÑO				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
Hectómetros en incumplimiento				
0	1	2	]2 - 4]	> 4

Figura B.42.2: *Ficha técnica para evaluar la limpieza del área de concesión (continuación).*

Fuente: UdeC (2019n).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

B.43. Índice de condición de áreas bajo pasos inferiores

En la figura B.43.1 se presenta la ficha técnica que permite evaluar el nivel de ruido de rodadura.

TIPO DE DOCUMENTO	Ficha técnica			
CARACTERÍSTICA	Integridad y Funcionalidad de las Áreas bajo Pasos Inferiores			
IDENTIFICADOR	AP-AP-FT1			
INFORME TÉCNICO ASOCIADO	Definición de un indicador de nivel de servicio asociado a áreas bajo pasos inferiores (AP-AP-IT1)			
DESARROLLADO POR	Universidad Técnica Federico Santa María			
INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA DE MEDIDA		
Índice de condición de áreas bajo pasos inferiores	área-día	Mensual		
NORMATIVA DE REFERENCIA				
-				
EQUIPO DE MEDICIÓN				
-				
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y CONSIDERACIONES				
<p>Se deben verificar las siguientes exigencias de integridad y funcionalidad para todas las áreas bajo pasos inferiores destinadas al paso de personas:</p> <p>a) Limpieza: El área debe encontrarse limpia, sin presencia de vegetación ni acumulación de materiales y elementos ajenos.</p> <p>b) Drenaje: Todos los elementos que constituyen el sistema de drenaje deben encontrarse funcionales, operativos, limpios y sin daños. No deben encontrarse evidencias de encharcamiento de agua. La integridad y funcionalidad del sistema de drenaje se constatará mediante inspección visual.</p> <p>c) Iluminación: Todos los elementos constitutivos de la instalación de iluminación deben estar presentes, encontrarse limpios, íntegros, sin elementos rotos, sueltos, oxidados. No deben haber puntos de luz visiblemente dañados o apagados. El sistema de iluminación debe proporcionar al menos, los niveles mínimos establecidos en la sección 6.705.3 del Manual de Carreteras.</p> <p>Las exigencias de limpieza y drenaje se constatarán mediante inspección visual. La integridad del sistema de iluminación se constatará mediante inspección visual y la funcionalidad, podrá ser evaluada con un luxómetro, midiendo en los lugares donde, de acuerdo al proyecto de iluminación, se esperen los valores mínimos, y verificar que estos sean a los mínimos por el Manual de Carreteras.</p> <p>Para las exigencias de limpieza existirá un plazo de reposición de un día. Para las exigencias de drenaje, no existe plazo de reposición. Para las exigencias de iluminación, existirá un plazo de reposición de un día.</p>				
NIVELES DE DESEMPEÑO (NOTA)				
MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	MUY MALO
RANGO DE INDICADOR [área-día]				
0	1	2	3	> 4

Figura B.43.1: Ficha técnica para evaluar el nivel de ruido de rodadura.

Fuente: Oyarzún (2019).

Dado que este indicador técnico es una propuesta nueva en el modelo de nivel de servicio, no se cuenta con información histórica que permita evaluarlo en una concesión.

Apéndice C

Calificación categórica de indicadores técnicos evaluados

C.1. Concesión Norte

Tabla C.1.1: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión norte (año 2014).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
Ahuellamiento	MUY MALO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
SFC equivalente	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición (SV prev+regl)	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	BUENO	MUY MALO	JUSTO
Índice de condición (Demarcación plana)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	JUSTO	JUSTO
Índice de condición (Demarcación elevada)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (Barreras de contención)	BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MALO	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (SOS)	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Cercos y portones)	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MALO	MALO
Índice de condición (SV infor)	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Tabla C.1.2: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión norte (año 2015).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	MALO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
SFC equivalente	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
Índice de condición (SV prev+regl)	BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MALO	MUY MALO	MUY BUENO
Índice de condición (Demarcación plana)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO
Índice de condición (Demarcación elevada)	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO
Índice de condición (Barreras de contención)	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO
Índice de condición (SOS)	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Cercos y portones)	JUSTO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (SV infor)	MUY MALO	JUSTO	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	JUSTO

Tabla C.1.3: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión norte (año 2016).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	MUY MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
SFC equivalente	MALO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición (SV prev+regl)	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	JUSTO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (Demarcación plana)	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	BUENO	MALO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (Demarcación elevada)	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (Barreras de contención)	JUSTO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (SOS)	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	JUSTO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Cercos y portones)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO
Índice de condición (SV infor)	JUSTO	MUY MALO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	JUSTO	MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO

C.2. Concesión Centro

Tabla C.2.1: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión centro (año 2014).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Uniformidad Longitudinal iluminación (Exterior)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Luminancia media -Uniformidad global (Exterior)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (SV prev+regl)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO
Índice de condición (Demarcación plana)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Demarcación elevada)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Barreras de contención)	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (SOS)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Cercos y portones)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO
Índice de condición (SV infor)	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO

Tabla C.2.2: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión centro (año 2015).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Uniformidad Longitudinal iluminación (Exterior)	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Luminancia media -Uniformidad global (Exterior)	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (SV prev+regl)	BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	JUSTO	MALO	JUSTO
Índice de condición (Demarcación plana)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Demarcación elevada)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (Barreras de contención)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO
Índice de condición (SOS)	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO
Índice de condición (Cercos y portones)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	JUSTO
Índice de condición (SV infor)	JUSTO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

Tabla C.2.3: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión centro (año 2016).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Uniformidad Longitudinal iluminación (Exterior)	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO
Luminancia media -Uniformidad global (Exterior)	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (SV prev+regl)	MUY MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (Demarcación plana)	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
Índice de condición (Demarcación elevada)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición (Barreras de contención)	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO	MALO	JUSTO	MUY MALO
Índice de condición (SOS)	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MALO	MUY MALO	MUY MALO	BUENO	JUSTO	JUSTO	MUY MALO	BUENO
Índice de condición (Cercos y portones)	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MUY BUENO
Índice de condición (SV infor)	MALO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

C.3. Concesión Sur

Tabla C.3.1: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2015).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
SFC equivalente	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones planas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones elevadas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO
Índice de condición Barreras de contención	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	MALO	JUSTO	MALO	JUSTO	MALO
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Cercos y portones	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Señalización Vertical informativa	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO

Tabla C.3.2: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2016).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
SFC equivalente	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones planas	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones elevadas	MALO	JUSTO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Barreras de contención	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MALO	MUY MALO	MALO
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia	MUY BUENO	JUSTO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Cercos y portones	JUSTO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Señalización Vertical informativa	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO

Tabla C.3.3: Calificación categórica de los indicadores técnicos evaluados en la concesión sur (año 2017).

INDICADOR TÉCNICO	MES											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
IRI	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Ahuellamiento	MALO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO	JUSTO
SFC equivalente	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
Índice de condición Señalización vertical (prev./regl.)	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MALO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones planas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Demarcaciones elevadas	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Barreras de contención	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY MALO	MALO	MUY MALO	BUENO	MUY MALO	MUY BUENO
Índice de condición Sistema citofonía de emergencia	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Cercos y portones	MUY BUENO	MUY MALO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
Índice de condición Señalización Vertical informativa	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO	JUSTO	MUY BUENO