

Comportamiento Objetivo de Pavimentos de Hormigón con Losas de Geometría Optimizada Licitados por el Ministerio de Obras Públicas en Chile. Objective Behavior of Concrete Pavements with Optimized Geometry Slabs Tendered by the Ministerio de Obras Públicas in Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historial del artículo:

Recibido

14-11-2023

Aceptado

03-08-2024

Publicado

23-12-2024

Palabras Clave:
Desempeño de Pavimentos
Optimización de Pavimentos
Mediciones

Article history:

Received

14-11-2023

Accepted

03-08-2024

Available

23-12-2024

Keywords:
Pavement Performance
Pavement Optimization Measurements

Resumen

El año 2005 se introdujo en Chile, la tecnología de diseño de pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada. Esta tecnología se basa en reducir el tamaño de las losas, para que exista máximo un set de ruedas de camión, cargando simultáneamente una losa. Esto genera una reducción en las tensiones internas en la losa, lo que permite disminuir el espesor de estas sin afectar su vida útil, o aumentar su durabilidad sin modificar el espesor.

Este artículo presenta un análisis objetivo del desempeño de esta tecnología de diseño de pavimentos, en proyectos licitados por la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, esto en un total de 262 km-pista de camino construido. Se comparan mediciones de terreno, del Índice de Rugosidad Internacional o IRI y el Agrietamiento, con datos generados o predichos por el modelo de diseño, permitiendo así, evaluar su desempeño en el tiempo. Los resultados muestran cumplimiento de las predicciones, en términos de Índice de Rugosidad Internacional y agrietamiento, excepto para una medición de agrietamiento donde se supera lo esperado. Estas mediciones se comparan, además, con las de un contrato de pavimento de hormigón tradicional, como parámetro de control, observándose una diferencia ventajosa para la tecnología de pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada, respecto a los agrietamientos y el Índice de Rugosidad Internacional.

Abstract

In 2005, Chile introduced the technology for designing concrete pavements with optimized geometry slabs. This technology is based on reducing the size of the slabs so that there is at most one set of truck wheels loading a slab simultaneously. This reduction decreases the internal stresses within the slab, allowing for a reduction in slab thickness without affecting its lifespan or increasing its durability without changing the thickness.

This article presents an objective analysis of the performance of this pavement design technology in projects tendered by the Dirección de Vialidad of the Ministerio de Obras Públicas, totaling 262 km-lane of constructed road. Field measurements, such as the International Roughness Index (IRI) and Cracking, are compared with data generated or predicted by the design model, thus allowing for an evaluation of its performance over time. The results show compliance with the predictions in terms of the International Roughness Index and cracking, except for one cracking measurement that exceeded expectations. These measurements are also compared with those of a traditional concrete pavement contract as a control parameter, showing a favorable difference for the optimized geometry slab concrete pavement technology concerning cracking and the International Roughness Index.

* Corresponding author at: Pelayo Del Rio Baeza, TCPavements FORTA SPA, El Regidor 54 - 66, Oficina 101, Las Condes, Santiago, Chile.
E-mail address: pelayo@tcp.cl

RIOC

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

Vol. 12, no. 03, pp. 1–9, Diciembre 2024

1. Introducción.

La metodología de diseño de pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada, selecciona los tamaños de las losas de forma que solo una rueda o un conjunto de ruedas cargue una losa a la vez, como se muestra en la Figura 1. Esta forma de diseño conduce a un funcionamiento diferente de las losas bajo la interacción de cargas, en comparación con el diseño tradicional de pavimentos de hormigón.



Figura 1. Enfoque de diseño de losas con geometría optimizada.

En pavimentos con losas de geometría optimizada, la distribución de las cargas en múltiples losas reduce las tensiones de tracción y alabeo. Al utilizar esta metodología de diseño, es posible extender la vida útil de los pavimentos, permitiendo así un mayor número de ciclos de carga, o reducir el espesor de la losa de hormigón en comparación con los métodos tradicionales de diseño de pavimentos (Covarrubias et al. 2007). Esta metodología es usada en Chile de acuerdo con el instructivo Ord N°9371 del 10/08/2012 (Dirección de Vialidad 2012).

2. Metodología.

2.1. Metodología de valuación de pavimentos ejecutados.

Para la evaluación de cada proyecto, se llevó a cabo una auscultación funcional del pavimento. Las evaluaciones se centraron en la medición del IRI y del Agrietamiento del pavimento, estas mediciones se comparan con las predicciones realizadas por el software OptiPave2 (TCPavements, 2012).

El parámetro escalonamiento de los pavimentos evaluados, no se detectó ni en las mediciones con el Perfilómetro Láser, ni visualmente, por lo que no se considera su análisis en este estudio.

2.1.1. Medición del IRI.

En primer lugar, se utilizó un perfilómetro inercial láser, para efectuar mediciones de las elevaciones del perfil longitudinal y con ello determinar el valor IRI, que representa la irregularidad superficial o rugosidad superficial. Este equipo se instala en un vehículo (Figura 2) y las mediciones se obtienen de manera continua a la velocidad de circulación del tránsito. Para el análisis de datos del perfilómetro, se utilizó el software Pro VAL (The Transtec Group, 2000), y no se consideraron las singularidades dentro de las mediciones.

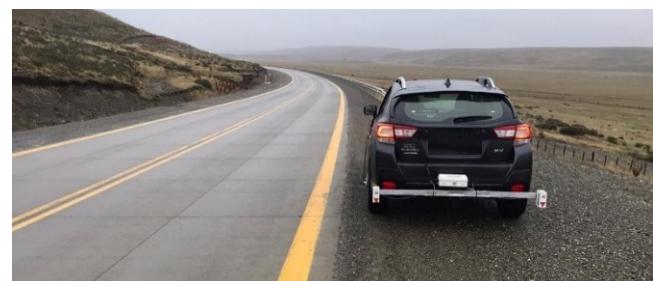


Figura 2. Equipo RSP

La información para el cálculo del IRI se procesa según el sentido del tránsito y por pista separadamente, en tramos de 200 m o fracción (en caso de que un tramo homogéneo no alcance los 200 m). El kilómetro inicial debe ajustarse al primer múltiplo de 200 m, según el balizado del contrato. Si la longitud del tramo es inferior a 100 m, no se considerará en la evaluación; si es igual o superior, se considera como tramo independiente. Lo anterior, también es válido en los sectores finales del tramo o contrato.

2.1.2. Medición del agrietamiento.

La evaluación de agrietamiento causado por fatiga, se realizó a través de la toma de videos en alta definición (1080p - 4K), filmados por una cámara ubicada sobre el capó de un vehículo circulando a velocidad constante. El agrietamiento se determinó visualmente, cada un segundo de avance del video detenido, anotando el agrietamiento observado en las seis losas próximas de la pista de avance ver Figura 3.

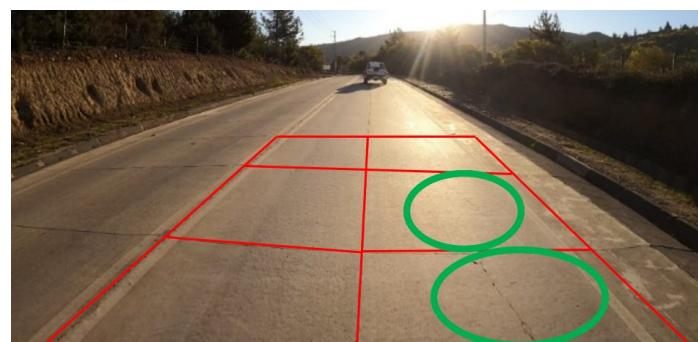


Figura 3. Ejemplo de análisis de agrietamiento para 6 losas.

3. Análisis de resultados.

3.1. Proyectos evaluados y resultados.

En esta sección, se detalla cada proyecto evaluado y se muestran las figuras con gráficos del desempeño para cada uno de ellos, primero el IRI y luego el Agrietamiento. Para los dos parámetros evaluados, se presenta el resultado medido, dentro de los gráficos de desempeño generados por el software OptiPave2. En la Tabla 1, se presentan los proyectos evaluados, con un total de 262 km-pista de longitud evaluada.

Tabla 1. Información de proyectos evaluados.

Nombre Proyecto	Año	Espesor de Losas (cm)	Fibra (R3e, L/150))	Largo de losas (cm)	Tramos Dm (Longitud Evaluada)	Tránsito de diseño (EE)
Ruta 257 Ch						
Cerro Sombrero-Onaissin I	2012	14	1 MPa	175	Dm 0,000 – 15,300 (15,3 km)	15.000.000
Ruta M-50 Cauquenes-Chanco I	2012	17	no	220	Dm 15,220 - 28,600 (13,38 km)	8.000.000
Ruta 5 Quellón-Yungay	2014	17	no	175	1.272.474,5 - 1.257.385,0 (15 km)	20.000.000
Ruta 5 Tara-Compu	2014	17	no	175	1.214.237,5 - 1.239.365,0 (25 km)	20.000.000
Ruta 257 Ch Cerro Sombrero-Onaissin III	2015	15	1 MPa	175	15,300-58,800 (43,5 km)	15.000.000
Ruta 60 Ch Camino La Pólvora	2016	23	1 MPa	175	0,260-16.680 (9,5 km)	189.000.000

3.1.1. Ruta 257 Ch: Cerro Sombrero — Onaissin.

Esta ruta se encuentra en la Región de Magallanes, zona austral de Chile, a una baja altura sobre el nivel del mar. Su clima es del tipo subpolar, con temperatura media de 6°C, con extremas de 12°C durante el período de verano y de -1°C en el período de invierno.

La ruta 257-Ch contiene tres tramos de pavimento de hormigón. El primer tramo se construyó el año 2012 utilizando la tecnología de losas de geometría optimizada en una longitud de 15,3 km. El segundo tramo se construyó el año 2014, con losas tradicionales de hormigón, con una longitud de 19,3 km desde el tramo III hacia el sur. El tercer tramo se construyó el año 2015 con losas de hormigón de geometría optimizada en una longitud de 43,5 Km y está ubicado entre el tramo I y II como se ve en la Figura 4. La ventaja de estos tramos desde el punto de vista de medición es que prácticamente no hay desvíos de tránsito, por lo que el tráfico pasa por todos los tramos con la misma carga salvo en casos muy puntuales.



Figura 4. Tramos I, II y III Ruta 257 CH, Cerro Sombrero – Onaissin.

3.1.1.1. Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero — Onaissin Tramo I.

La Figura 5 muestra un aspecto típico del camino.

- Longitud Evaluada: 15,3 km.
- Espesor de losas: 14 cm con fibra estructural.
- Resistencia residual: 1 MPa (ASTM 1609).
- MOR: 5,0 MPa a 90 días, 80% N.C.
- Distancia entre juntas transversales: 175 cm.
- Subbase granular: 15 cm.
- Tránsito de diseño: 15.000.000 EE.
- Vida útil: 20 años.
- Año de construcción: 2012.
- Precipitación promedio: 413 mm/año.
- Método constructivo: Molde deslizante.



Figura 5. Ruta 257 Ch Tramo I.

Como se ve en la Figura 6, el IRI medido no supera lo predicho por el software de diseño, mientras que el agrietamiento medido, sí, valor que se debe investigar de acuerdo con el tránsito, dado que también hay un aumento en el agrietamiento de los otros tramos en el mismo período (ver Tabla 2 y Figura 8).

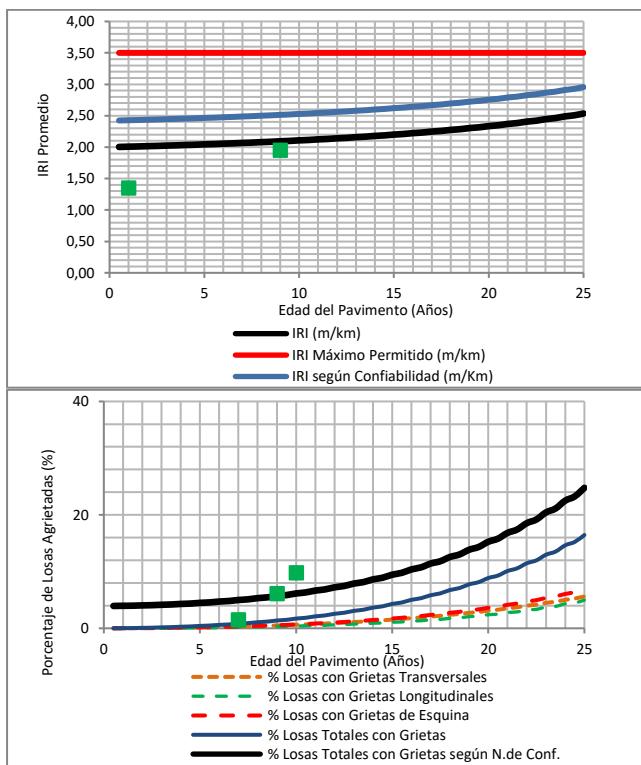


Figura 6. Resultados de desempeño medido en Ruta 257 Ch Cerro Sombrero-Onaissin I.

En zonas puntuales del tramo, se observaron losas con desprendimiento de hormigón, el cual se produce en juntas y grietas del pavimento. En la medición de agrietamiento realizada el año 2022, se midió el porcentaje de lasas con esta patología, cuyo valor fue de 0,6% del total de las lasas evaluadas.

3.1.1.2. Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero — Onaissin Tramo II.

La **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** muestra un aspecto típico del camino.

- Longitud Evaluada: 19,6 km.
- Espesor de lasos: 20 cm.
- MOR: 5,0 MPa a 90 días, 80% N.C.
- Distancia entre juntas transversales: 400 cm.
- Subbase granular: 15 cm.
- Tránsito de diseño: 15.000.000 EE.
- Vida útil: 20 años.
- Año de construcción: 2014.
- Precipitación promedio: 413 mm/año.
- Método constructivo: Molde deslizante.



Figura 7. Ruta 257 Ch Tramo II.

Tabla 2. Resultados de desempeño medido en Ruta 257 Ch Cerro Sombrero-Onaissin II.

Parámetro	2014	2020	2021	2022
IRI (m/km)	Sin datos	2,30	Sin datos	Sin datos
Agrietamiento (%)	Sin datos	5,08%	8,69%	18,49%

Los resultados expuestos en la Tabla 2, solo indican los valores medidos empíricamente, dado que OptiPave2 no modela pavimentos de hormigón con lasas de dimensiones tradicionales. En esta tabla, se observa un aumento de casi 10 puntos en los últimos 2 años de medición respecto al agrietamiento.

3.1.1.3. Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero — Onaissin Tramo III.

La **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** muestra un aspecto típico del camino.

- Longitud Evaluada: 43,5 km.
- Espesor de lasos: 15 cm con fibra estructural.
- Resistencia residual: 1 MPa (ASTM 1609).
- MOR: 5,0 MPa a 90 días, 80% N.C.
- Distancia entre juntas transversales: 175 cm.
- Subbase granular: 15 cm.
- Tránsito de diseño: 15.000.000 EE.
- Vida útil: 20 años.
- Año de construcción: 2012.
- Precipitación promedio: 413 mm/año.
- Método constructivo: Molde deslizante.



Figura 8. Ruta 257 Ch Tramo III.

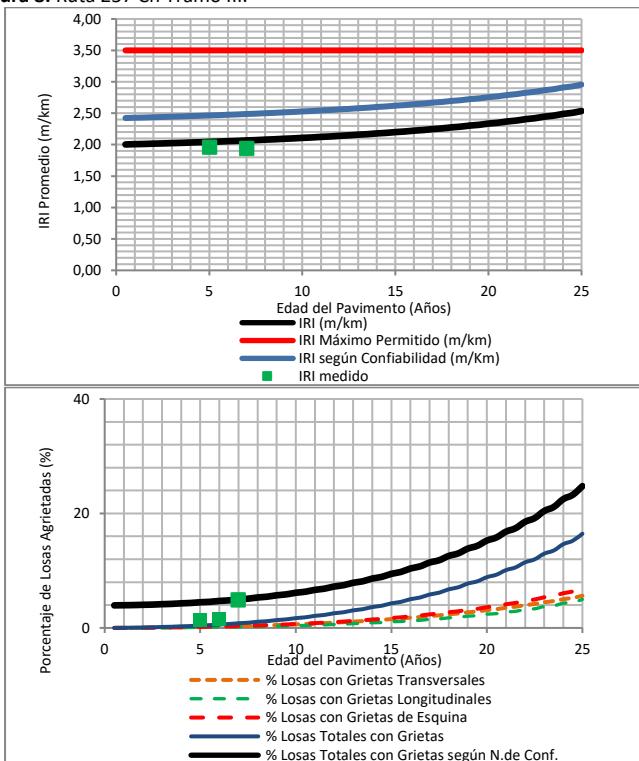


Figura 8. Resultados de desempeño medido en Ruta 257 Ch Cerro Sombrero-Onaissin III.

Se observa en la Figura 9, que el IRI medido no supera al modelado por el software en los años de medición, mientras que el agrietamiento medido los últimos 3 años de medición, se encuentra bajo los parámetros de diseño según Nivel de Confianza.

3.1.1.4. Resumen desempeño Tramos I, II, III.

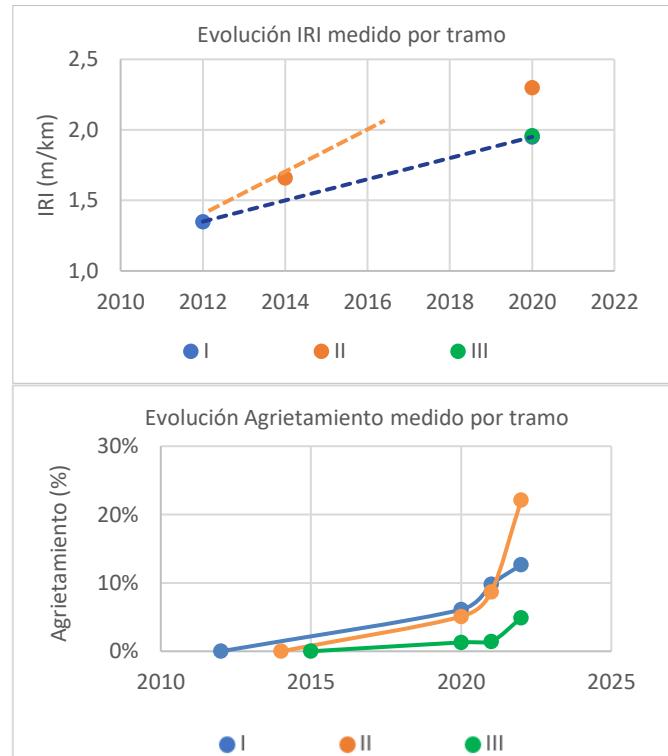


Figura 9. Evolución IRI y Agrietamiento en Cerro Sombrero – Onaissin Tramos I, II y III.

Como se ve en la Figura 9, se observa una pendiente similar para el IRI en los tres tramos, pero con un valor superior en el tramo II, de losas tradicionales. Con relación al agrietamiento, hay un aumento considerable en los tres tramos a partir del año 2020, pero acentuado en el tramo II. Una de las posibles explicaciones para este cambio es que, a partir de esa fecha, se registró un aumento en el peso total de los camiones que transitaban por la carretera, lo que generó una sobrecarga en el pavimento.

3.1.2. Ruta M-50 Cauquenes — Chanco I.

Este tramo se encuentra en la Región del Maule, zona central de Chile, con una baja elevación sobre el nivel del mar. Su clima es del tipo mediterráneo, con temperatura media de 19°C, con

extremas de 29°C durante el verano y de 4°C en invierno. La Figura 10 muestra un aspecto típico del camino.

- Longitud Evaluada: 13,38 km.
- Espesor de losas: 17 cm.
- MOR: 5,3 MPa a 90 días, 80% N.C.
- Distancia entre juntas transversales: 220 cm.
- Subbase granular CBR>80%: 15 cm.
- Tránsito de diseño: 8.000.000 EE.
- Vida útil: 10 años.
- Año de construcción: 2012.
- Precipitación promedio: 690 mm/año.
- Método constructivo: Molde deslizante.



Figura 10. Ruta M-50 Cauquenes – Chanco I.

Como se ve en la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, la última medición de IRI es a 2 años antes de cumplir su vida útil cronológica de diseño, mientras que la última medición de agrietamiento es 1 año después de cumplir con su vida útil cronológica de diseño. En ambos casos, se tienen valores inferiores a lo proyectado.

3.1.3. Ruta 5 Quellón — Colonia Yungay

Este tramo se ubica a 18 km del tramo anterior, Ruta 5 Quellón – Colonia Yungay, por lo que el clima es prácticamente el mismo, y las condiciones de tránsito y soporte del suelo son muy similares. La Figura muestra un aspecto típico del camino.

- Longitud Evaluada: 25 km.
- Espesor Pavimento: 17 cm.
- MOR: 5,3 MPa a 90 días, 80% N.C.
- Largo Losa: 175 cm.
- Período de Diseño: 20 Años.
- Tránsito de Diseño: 20.000.000 EE.
- Espesor Base CBR>50%: 15 cm.
- Precipitación: 2.035 mm/año.
- Método constructivo: Molde deslizante.



Figura 13. Ruta 5 Quellón – Colonia Yungay.

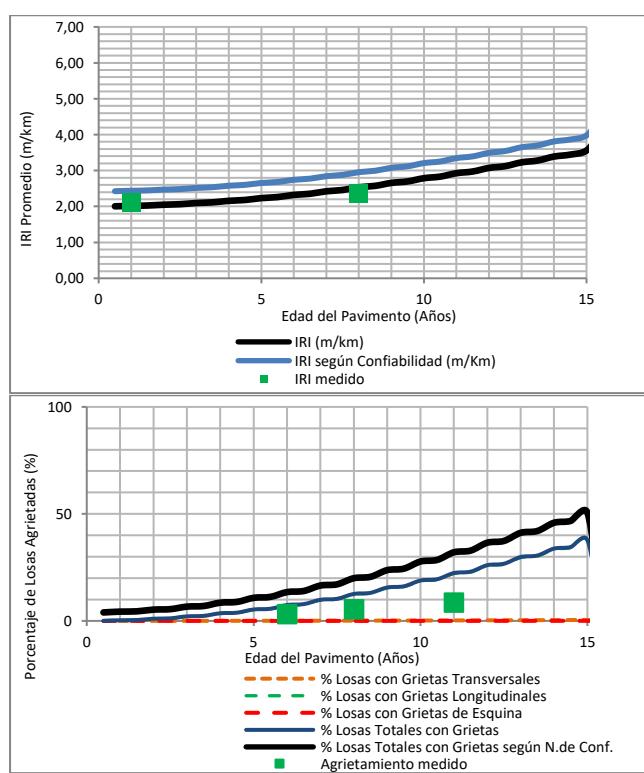
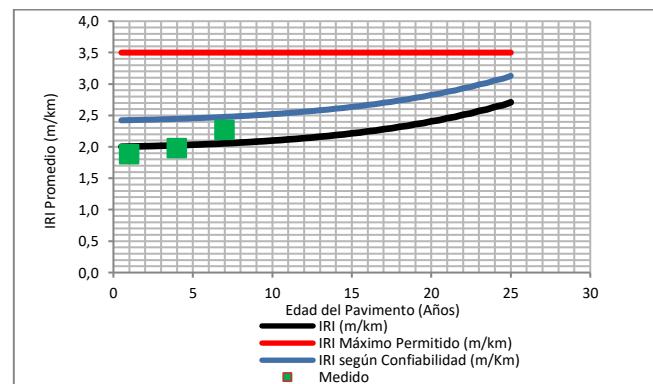


Figura 12. Resultados de desempeño medido en Ruta M50.



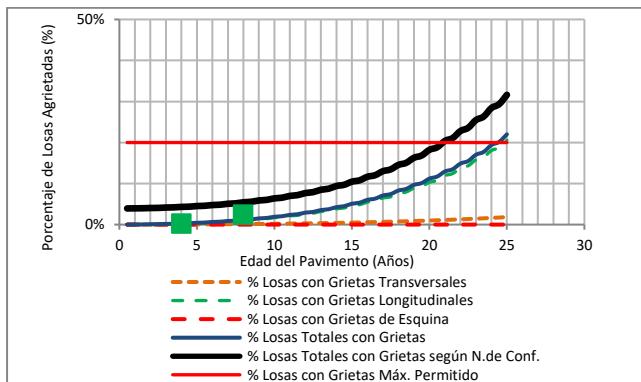


Figura 14. Resultados de desempeño medido Ruta 5 tramo Quellón — Colonia Yungay

Como se observa en la Figura, tanto el IRI como el agrietamiento medido no superan los parámetros de diseño según Confiabilidad. El año 2017, se visitó este tramo y también Ruta 5 Quellón – Colonia Yungay, después del terremoto ocurrido a fines del año 2016 en la Isla de Chiloé (Barrientos, 2016). En la visita se observaron movimientos de terraplenes en sectores muy específicos, generando principalmente aperturas de juntas longitudinales de media pista por sobre lo esperado.

3.1.4. Ruta 5 Tara — Compu.

Este tramo se ubica a 18 km del tramo anterior, Ruta 5 Quellón – Colonia Yungay, por lo que el clima es prácticamente el mismo, y las condiciones de tránsito y soporte del suelo son muy similares. La Figura muestra un aspecto típico del camino.

- Longitud Evaluada: 25 km.
- Espesor Pavimento: 17 cm.
- MOR: 5,3 MPa a 90 días, 80% N.C.
- Largo Losa: 175 cm.
- Período de Diseño: 20 Años.
- Tránsito de Diseño: 20.000.000 EE.
- Espesor Base CBR>50%: 15 cm.
- Precipitación: 2.035 mm/año.
- Método constructivo: Molde deslizante.



Figura 5. Ruta 5 Tara — Compu.

Este proyecto debe su alto tránsito de diseño a que da acceso directo al puerto de Valparaíso. El camino pavimentado en asfalto presentaba un deterioro considerable, por lo que se licitó el reforzamiento del camino considerando una capa adherida de hormigón de 23 cm de espesor reforzado con macrofibra estructural, con losas de geometría optimizada, directamente sobre el pavimento de asfalto existente.

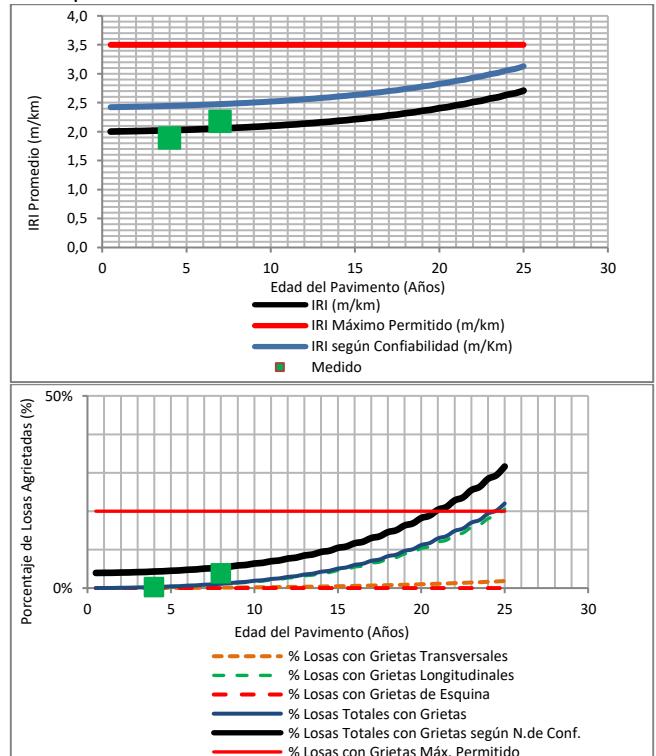


Figura 11. Resultados de desempeño medido Ruta 5 tramo Tara-Compu.

Como se observa en la Figura, tanto el IRI como el agrietamiento medido no superan los parámetros de diseño según Confiabilidad. El año 2017, se visitó este tramo y también Ruta 5 Quellón – Colonia Yungay, después del terremoto ocurrido a fines del año 2016 en la Isla de Chiloé (Barrientos, 2016). En la visita se observaron movimientos de terraplenes en sectores muy específicos, generando principalmente aperturas de juntas longitudinales de media pista por sobre lo esperado.

3.2. Ruta 60 Ch: Camino La Pólvara.

Este tramo se encuentra en la Región de Valparaíso, zona central de Chile, a una baja altitud sobre el nivel del mar. Su clima es del tipo templado mediterráneo costero, con temperatura media de 15.5°C, con extremas de 27°C durante el período de verano, y de 5°C en el período de invierno. La Figura muestra un aspecto típico del camino.

- Longitud Evaluada: 9,5 km.

- Espesor de losas: 23 cm con fibra estructural.
 - MOR: 5,0 MPa a 90 días, 80% N.C.
 - Distancia entre juntas transversales: 175 cm.
 - Apoyo de losas: Pavimento de asfalto existente.
 - Tránsito de diseño: 189.000.000 EE.
 - Vida útil: 20 años.
 - Año de construcción: 2016.
 - Precipitación promedio: 422 mm/año.
 - Método constructivo: Molde deslizante.



Figura 12. Ruta 60 Ch Camino La Pólvora.

Este proyecto debe su alto tránsito de diseño a que da acceso directo al puerto de Valparaíso. El camino pavimentado en asfalto presentaba un deterioro considerable, por lo que se licitó el reforzamiento del camino considerando una capa adherida de hormigón de 23 cm de espesor reforzado con macrofibra estructural, con losas de geometría optimizada, directamente sobre el pavimento de asfalto existente.

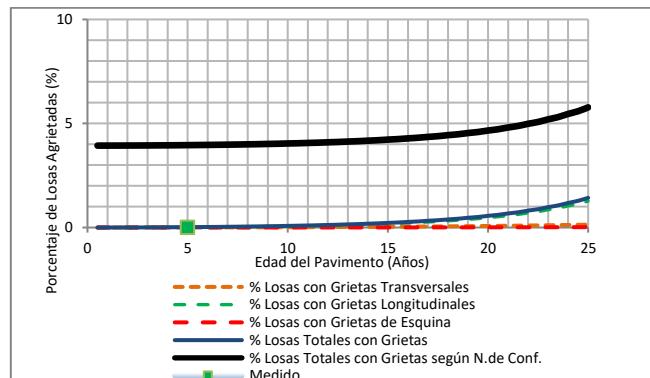
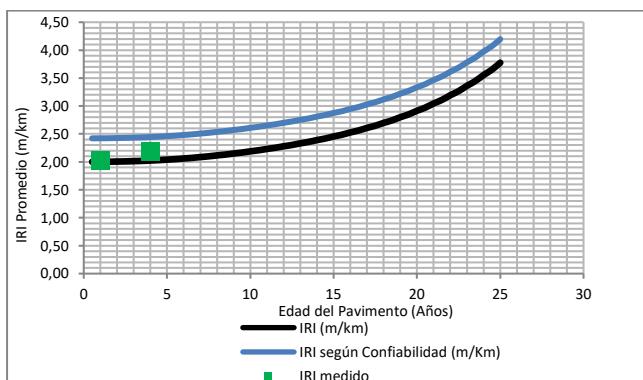


Figura 13. Resultados de desempeño medido en Ruta 60 Ch Camino La Pólvora.

3.3. Resultados.

Con los datos obtenidos en las mediciones, en la Figura 14 se exponen las correlaciones de IRI y Agrietamiento en relación con lo predicho por el Software OptiPave2 con un 50% de Nivel de Confianza, observándose una clara relación tanto para el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) como para el Agrietamiento.

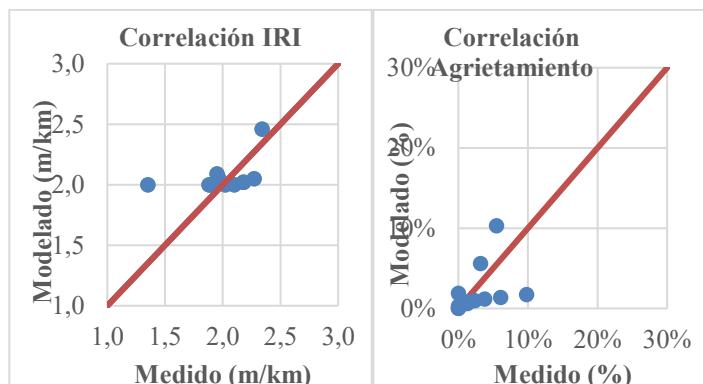


Figura 14. Correlación de IRI y Correlación de Agrietamiento según valores medidos y modelados con 50% de N.C.

Para el caso del IRI, el promedio de las diferencias entre los valores modelados y los medidos, es de 0,16 m/km, con una máxima diferencia de 0,65 m/km, correspondiente al proyecto Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero – Onaissin I, mientras que, para el caso de Agrietamiento, el promedio de las diferencias entre los valores modelados y los medidos, es de 2,30%, con una máxima diferencia de 8,08%, también correspondiente al proyecto Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero – Onaissin I.

4. Conclusiones.

Del análisis llevado a cabo en este estudio, se presentan a continuación las principales conclusiones sobre el desempeño de la tecnología de pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada, a partir de su aplicación en proyectos interurbanos

en Chile:

- Los proyectos evaluados, a pesar de ser todas vías interurbanas, presentan características muy diferentes entre sí, como el volumen de tráfico, el tipo de suelo o capacidad de soporte, la disponibilidad de materiales y la climatología, entre otros. Al tener un conjunto más completo y diverso de datos, se podrá mejorar la comprensión de las relaciones entre los factores específicos de los proyectos y los resultados de evaluación.
- En el caso de la modelación con un Nivel de Confianza del 80%, esto se cumple para todos los casos medidos en términos de IRI, y en un 83% de las ocasiones en relación con el agrietamiento. Los valores medidos que se sitúan por sobre lo modelado, corresponden a la Ruta 257-Ch.
- En el caso específico de la Ruta 257-Ch, donde se estima que hubo un aumento del peso de los camiones a partir del año 2020, se observa que el pavimento de hormigón con losas de geometría optimizada presenta un mejor comportamiento que el pavimento de losas de dimensiones tradicionales, a pesar de que este último cuenta con 2 años menos de existencia y un espesor de diseño 6 cm mayor.
- De acuerdo con los valores medidos en terreno y los modelados por el software para un Nivel de Confianza del 50%, se concluye que existe una relación entre las predicciones del modelo y lo medido en terreno a través del tiempo, validando la modelación utilizada en la metodología de diseño.

5. Agradecimientos.

Se agradece el apoyo de la Dirección de Vialidad en todo el desarrollo de esta tecnología, al Laboratorio Nacional de Vialidad que ayudó con la recopilación de datos de mediciones de proyectos realizados con esta tecnología, al Instituto de Cemento y Hormigón de Chile que apoyó al desarrollo completo de este estudio, a la empresa 3ipe por el apoyo con mediciones realizadas en terreno y desarrollo del estudio, a Ingeniero Víctor Rocco por el apoyo en el desarrollo de este estudio y a Ingeniero Mauricio Salgado de la empresa Gesinfra por el apoyo en el desarrollo de este estudio.

6. Referencias.

- American Association of State Highways and Transportation Officials, (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, Washington, Estados Unidos.
- Barrientos, S., (2016), *Informe Técnico Terremoto Chiloé 25 Diciembre 2016*, Centro Sismológico Nacional Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
- Universidad de Chile, Chile
- Covarrubias T, J.P, Covarrubias V, J.P, (2007), *Diseño TCP “Pavimentos de concreto con losas de dimensiones optimizadas”*, Santiago, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2010), *Antecedentes de licitación pública: Reposición Ruta M-50, Cauquenes-Chanco*, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2010), *Antecedentes de licitación pública: Mejoramiento Ruta 257-Ch (Ex Ruta Y-79) sector Cerro Sombrero – Onaissin, Tramo km 0,000 al km 15,300*, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2011), *Antecedentes de licitación pública: Reposición Ampliación Ruta 5 Varios Tramos Sector Bif. Pudelpe – Quellón Tramo: Colonia Yungay-Quellón*, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2011), *Antecedentes de licitación pública: Reposición Ampliación Ruta 5 Varios Tramos Sector Bif. Pudelpe – Quellón Tramo: Tara-Compu*, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2011), *Antecedentes de licitación pública: Mejoramiento Ruta 257-Ch (Ex Ruta Y-79) II, sector Cerro Sombrero – Onaissin, Tramo km 58,80000 – km 78,48904*, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2012), *ORD N° 9371, Instructivo de Vialidad*, Chile
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2013), *Antecedentes de licitación pública: Mejoramiento Ruta 257-Ch (Ex Ruta Y-79) III, sector Cerro Sombrero – Onaissin, Tramo km 15,30 – km 58,80*, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2014), *Antecedentes de licitación pública: Reposición pavimento ruta 60-CH camino La Pólvara, cruce ruta 68-acceso sur a Valparaíso*, Chile.
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2022), *Volumen n°5 Especificaciones técnicas generales de construcción*, Chile
- Dirección Nacional de Vialidad, MOP, (2022), *Volumen n°8 Especificaciones y métodos de muestreo, ensaye y control*, Chile
- TCPavements (2012), *Documentation and Design Guide OptiPave2®*, Chile.
- The Transtec Group, Inc. (2000), *Profile Viewer and Analyzer (ProVAL)*, Estados Unidos: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration

