





UNIVERSIDAD LATINA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN  
ESCUELA: INGENIERÍA CIVIL

Licenciatura en Ingeniería Civil  
Proyecto de graduación

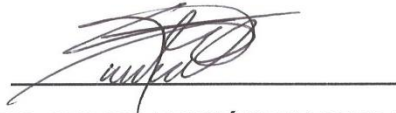
**EVALUACIÓN DE LA MEJORA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL IN  
SITU DE LA SOBRECAPA ASFÁLTICA PARA TRES RUTAS DE  
TRAVESÍA EN SAN JOSÉ**

Daniela Saborío Víquez

**Heredia, diciembre de 2018**

## **TRIBUNAL EXAMINADOR**

Este proyecto titulado: "EVALUACIÓN DE LA MEJORA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL IN SITU DE LA SOBRECAPA ASFÁLTICA PARA TRES RUTAS DE TRAVESÍA EN SAN JOSÉ.", fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:



**ING. SERGIO FERNÁNDEZ CERDAS**

**TUTOR**



**ING. JOSÉ MARIA ULATE ZÁRATE**

**LECTOR**



**ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ**

**REPRESENTANTE DE RECTORÍA**

**COMITÉ ASESOR**

**ING. SERGIO FERNÁNDEZ CERDAS**

**TUTOR**

**ING. JOSÉ MARÍA ULATE ZÁRATE**

**LECTOR**

**ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ**

**REPRESENTANTE DE RECTORÍA**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD (PROYECTO DE  
GRADUACIÓN)**

Heredia, 15 de diciembre, de 2018

Sres.  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad (Proyecto de Graduación) bajo el título Evaluación de la mejora estructural y funcional in situ de la sobrecapa asfáltica para tres rutas de travesía en San José, por parte del estudiante: Daniela Saborío Víquez, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe cordialmente,

  
Sergio Fernández Cerdas

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD (PROYECTO DE  
GRADUACIÓN)**

Heredia, 15 de diciembre, de 2018

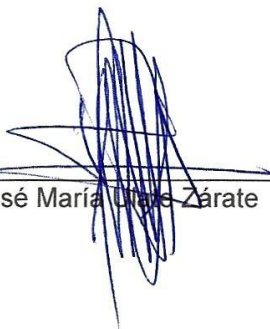
Sres.  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad (Proyecto de Graduación) bajo el título Evaluación de la mejora estructural y funcional in situ de la sobrecapa asfáltica para tres rutas de travesía en San José por parte del estudiante: Daniela Saborío Víquez, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe cordialmente,

  
\_\_\_\_\_  
José María Urujo Zárate

San José, 19 de diciembre del 2018.

Universidad Latina de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información  
Escuela de Ingeniería Civil

Estimados señores:

La estudiante Daniela Saborío Víquez, cédula 40290447, me ha presentado, en mi calidad de profesional graduada en Filología, el proyecto de graduación denominado "Evaluación de la mejora estructural y funcional in situ de la sobrecapa asfáltica para tres rutas de travesía en San José", el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

He revisado el documento, de acuerdo con los lineamientos de corrección de estilo, los aspectos de estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y vicios de dicción que se trasladan al escrito, y he verificado que se han realizado todas las correcciones necesarias en él.

Por consiguiente, se encuentra listo para ser presentado oficialmente a la Universidad.

Atentamente,



Msc. Carmen Pinto Murillo

Carné Colopro: 3939



## “Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

**Instrucción:** Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; " ; "

Daniela Saborio Víquez

De la Carrera / Programa: Ingeniería Civil

autor (es) del (de la) (Indique tipo de trabajo): Proyecto de Graduación  
titulado:

Evaluación de la mejora estructural y funcional In Situ de la sobrecapa asfáltica para tres rutas de travesía en San José

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 04 del mes 01 del año 2019 a las 04:00pm. Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores Según orden de mención al inicio de ésta carta:



## **AGRADECIMIENTOS**

Primero, agradezco a Dios, que me ha dado las fuerzas para seguir adelante, me ha guiado y cuidado durante todas las etapas de mi vida.

A mis papás, que siempre me han apoyado incondicionalmente y han luchado para que podamos alcanzar esta meta.

A mis hermanas, por ser siempre esas mujeres fuertes, incondicionales, alegres y amorosas.

A Enzo, por su amor, paciencia, apoyo y gran ayuda durante todo este proceso que hoy culmina.

A Sergio Fernández, por su amabilidad, por compartir sus conocimientos y toda la ayuda brindada para poder desarrollar este proyecto.

A Vero Sáenz, una gran mujer que fue una líder cuando trabajamos juntas, la cual me apoyó siempre para todo lo de la U, y hoy es una amistad incondicional.

A Pri, la mejor amistad que me deja la U, por sus risas contagiosas y momentos divertidos e inolvidables.

A Eli y Tania, por acompañarme durante este tiempo y darme siempre palabras de aliento.

A Constructora MECO S.A., por brindarme la oportunidad y ayuda para desarrollar este proyecto.

A mis compañeros de MECO, en especial a Vero, por su gran ayuda y aportes con temas de IRI.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico a Dios, quien me ha guiado y me ha sostenido con su gran amor y bondad en cada momento de mi vida.

A mis papás, que han luchado incansablemente para sacarnos adelante a pesar de todas las dificultades y han sido el bastón para toda mi familia; ellos son ejemplo de amor puro, fidelidad, dedicación y esfuerzo.

A mi familia, ustedes son mi motor para luchar cada día por ser mejor persona, me han enseñado y guiado en todo lo bueno que soy hoy.

A Enzo, mi amigo fiel que me impulsa a ser mejor cada día y ha sido mi gran sostén durante todo este proceso.

## RESUMEN

Con el objetivo de mejorar el flujo vehicular del Gran Área Metropolitana en Costa Rica, a corto plazo, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, en conjunto con el presidente de la República, emitió una directriz, la cual tiene como objetivo mejorar la movilidad de las personas por vías públicas, aprovechando la infraestructura existente y de los recursos físicos, personales y financieros disponibles; dentro de ellas se encuentran 28 intersecciones, de las cuales 3 son el objeto de estudio de este proyecto.

Como el propósito era realizar intervenciones a corto plazo, los diseños que eligió la Administración del Consejo Nacional de Vialidad no tienen la capacidad estructural y funcional requerida para su correcto funcionamiento, por ende, su vida útil no cumple para el tipo de carretera.

Además de lo mencionado anteriormente, al momento del diseño no se contaba con los datos de Tránsito Promedio Diario para la estimación de los Ejes Equivalentes.

Por lo tanto, después de las intervenciones ejecutadas y autorizadas por la Administración, se decidió realizar conteos vehiculares para obtener el volumen y distribución del tránsito real de cada ruta, mediciones de deflectometrías por impacto y medición del perfil longitudinal para el cálculo del IRI, con el fin de estimar la vida útil teórica de cada ruta y su mejora en la capacidad estructural y funcional.

Una vez obtenida esta información, se demostró que el volumen de tránsito era menor al escogido para su diseño, lo que conlleva a un aumento en la capacidad estructural y funcional y, por ende, mayor vida útil. Sin embargo, estos valores no cumplen con lo establecido en el Cartel de Licitación Pública (LP) N°2014LN-000018-0CV00 MP Y R Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada, el cual es el que rige estos trabajos realizados.

Palabras clave: Tránsito Promedio Diario, Ejes Equivalentes, Deflectometría por Impacto FWD, Índice de Regularidad Internacional, Vida Útil.

## SUMMARY

The objective of improve the traffic flow of the Gran Área Metropolitana in Costa Rica, in the short term, the Ministerio de Obras Públicas y Transportes, together with the President of the Republic, issue a directive, with the objective is improve the mobility of the people on public roads, taking advantage of the existing infrastructure and available physical, personal and financial resources; Within them there are 28 intersections, of which 3 are the object of study of this project.

As the purpose was to carry out short-term interventions, the designs chosen by the Administración del Consejo Nacional de Vialidad do not have the structural and functional capacity required for its proper functioning, therefore, its useful life does not meet the road type.

In addition to the aforementioned, in the design process there was no Daily Average Traffic data for the estimation of the Equivalent Simple Axial Load.

Therefore, after the interventions executed and authorized by the Administration, it was decided to carry out vehicle counts to obtain the volume and distribution of the actual traffic of each route, measurements of deflectometry by impact and longitudinal profile measurement for the calculation of the IRI, with in order to estimate the theoretical lifetime of each route and its improvement in structural and functional capacity.

Once this information was obtained, it was demonstrated that the volume of traffic was less than the one chosen for its design, which leads to an increase in structural and functional capacity and, therefore, a longer useful life. However, these values do not comply with the provisions of the Cartel de Licitación Pública (LP) N°2014LN-000018-0CV00 MP Y R Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada, which is what governs these Works.

Key words: Average Daily Traffic, Equivalent Axes, Impact Deflectometry FWD, International Regularity Index, Useful Life.

## ÍNDICE

Introducción .....	23
1.1. Antecedentes .....	23
1.2. Planteamiento del problema de investigación.....	30
1.3. Objetivo general.....	31
1.4. Objetivos específicos .....	31
1.5. Justificación .....	31
1.6. Alcance y limitaciones.....	32
1.7. Impacto .....	33
Capítulo # 1 Fundamentación teórica .....	35
2.1. Marco Teórico Conceptual .....	35
2.1.1. Deflexiones .....	35
2.1.2. Deflectometría por impacto.....	35
2.1.3. Desempeño estructural y funcional.....	35
2.1.4. Ejes Equivalentes (ESAL'S) .....	35
2.1.5. Índice de Regularidad Internacional .....	35
2.1.6. Mezcla asfáltica .....	37
2.1.7. Nota de Calidad (Nota Q) .....	37
2.1.8. Número Estructural (SN) .....	38
2.1.9. Sobrecapa de Mezcla Asfáltica.....	38
2.1.10. Tamaño máximo nominal de agregado .....	39
2.1.11. Tránsito Promedio Diario (TPD) .....	39
2.1.12. Vida útil de un pavimento .....	39
2.2. Marco Situacional .....	39
2.2.1. Contexto geográfico.....	39
2.2.2. Contexto temporal .....	40
2.2.3. Contexto específico .....	41
Capítulo # 2 Metodología.....	42
3.1. Tipo de Investigación y Enfoque Metodológico.....	42
3.1.1. Revisión bibliográfica.....	42
3.1.2. Recolección de datos .....	42
3.1.2.1. Conteos vehiculares.....	42
3.1.2.2. Cálculo de ejes equivalentes.....	43
3.1.2.3. Medición de deflexión.....	45

Número y espaciamiento de sensores.....	46
Selección de la carga.....	46
Mediciones directas de deflexión.....	47
Normalización de deflexiones por temperatura y carga.....	47
Clasificación de la Deflexión.....	48
3.1.2.4. Medición del perfil longitudinal.....	49
Preparación del vehículo para medición.....	49
Instalación del equipo.....	50
Calibración del equipo.....	50
Preparación de la superficie de rodamiento para la medición.....	51
Metodología de medición.....	51
Clasificación según el valor promedio de IRI final.....	51
3.1.2.5. Estimación de la vida útil.....	52
3.1.3. Procesamiento de la información.....	57
3.1.4. Análisis de resultados.....	57
3.1.5. Generación del informe final y cierre del proyecto.....	57
3.2. Cronograma.....	58
Capítulo # 3 Análisis de los resultados.....	59
4.1. Tránsito Promedio Diario (TPD).....	59
4.2. Ejes Equivalentes (ESAL'S).....	63
4.3. Índice de Regularidad Internacional (IRI).....	65
4.4. Deflectometrías por Impacto (FWD).....	79
4.4.1. Comparación de Deflectometrías para la Ruta de Travesía N°11402.....	79
4.4.2. Comparación de Deflectometrías para la Ruta de Travesía N°11506.....	81
4.4.1. Comparación de Deflectometrías para la Ruta de Travesía N°11513.....	84
4.1. Vida útil teórica.....	87
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Referencias bibliográficas.....	91
Anexos.....	94
Anexo A. Tabla para conteos vehiculares.....	94
Anexo B. Aforos vehiculares por día y Volumen de Tránsito Diario, Ruta de Travesía N°11402.....	96
Anexo C. Aforos vehiculares por día y Volumen de Tránsito Diario, Ruta de Travesía N°11506.....	102

Anexo D. Aforos vehiculares por día y Volumen de Tránsito Diario, Ruta de Travesía N°11513.....	108
Anexo E. ESAL'S de la Ruta de Travesía N°11402.....	114
Anexo F. ESAL'S de la Ruta de Travesía N°11506 .....	119
Anexo G. ESAL'S de la Ruta de Travesía N°11513 .....	124
Anexo H. Comparación de Estructura de Pavimentos Final para las tres Rutas de Travesía.....	129
Anexo I. Fotografías Ruta de Travesía N°11402 .....	131
Anexo J. Fotografías Ruta de Travesía N°11506 .....	135
Anexo K. Fotografías Ruta de Travesía N°11516.....	139
Anexo L. Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 .....	142
Anexo M. Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 .....	149
Anexo N. Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513.....	156
Anexo O. Tabla para Estimación de vida útil .....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de Rutas de Travesía.....	25
Figura 2 Perfilómetro sencillo CS9400 .....	32
Figura 3 Deflectómetro de Impacto PAVEFWD-150.....	33
Figura 4 Modelo de cuarto de carro.....	37
Figura 5 Matriz de Combinación de Notas Q.....	38
Figura 6 Impulso de carga FWD .....	45
Figura 7 Distribución de los sensores (geófonos).....	46
Figura 8 Espaciamiento de los sensores (geófonos).....	46
Figura 9 Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD.....	48
Figura 10 Componentes del equipo.....	49
Figura 11 Soporte delantero .....	50
Figura 12 Interfaz de medición de distancia .....	50
Figura 13 Rangos de Clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles.....	51
Figura 14 Sitio de conteos para Rutas de Travesía.....	59
Figura 15 Aforo vehicular del martes para Ruta de Travesía N°11402.....	60
Figura 16 Aforo vehicular del viernes para Ruta de Travesía N°11506 .....	61
Figura 17 Aforo vehicular del jueves para Ruta de Travesía N°11513 .....	62
Figura 18 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11402 .....	70
Figura 19 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11402 .....	71
Figura 20 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11506 .....	73
Figura 21 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11506 .....	74
Figura 22 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11506 .....	75
Figura 23 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11506 .....	76
Figura 24 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11513 .....	77
Figura 25 Comparación de IRI inicial y final, Ruta de Travesía N°11513 .....	78
Figura 26 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11402 .....	79



Figura 27 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11402 .....	80
Figura 28 Deflectometría final en ambos sentidos, Ruta de Travesía N°11402....	80
Figura 29 Nota Q para Ruta de Travesía N°11402.....	81
Figura 30 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11506 .....	82
Figura 31 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11506 .....	82
Figura 32 Deflectometría final en ambos sentidos, Ruta de Travesía N°11506....	83
Figura 33 Nota Q para Ruta de Travesía N°11506.....	84
Figura 34 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11513 .....	85
Figura 35 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11513 .....	85
Figura 36 Deflectometría final en ambos sentidos, Ruta de Travesía N°11513....	86
Figura 37 Nota Q para Ruta de Travesía N°11513.....	87
Figura A - 1 Tabla para Conteos vehiculares.....	95
Figura B - 1 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, lunes 24/09/2018.....	97
Figura B - 2 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, martes 25/09/2018 ...	98
Figura B - 3 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, miércoles 26/09/2018 .....	99
Figura B - 4 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, jueves 27/09/2018..	100
Figura B - 5 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, viernes 28/09/2018.	101
Figura C - 1 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, lunes 24/09/2018....	103
Figura C - 2 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, martes 25/09/2018 .	104
Figura C - 3 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, miércoles 26/09/2018 .....	105
Figura C - 4 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, jueves 27/09/2018..	106

Figura C - 5 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, viernes 28/09/2018.	107
Figura D - 1 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, lunes 24/09/2018....	109
Figura D - 2 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, martes 25/09/2018 .....	110
Figura D - 3 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, miércoles 26/09/2018 .....	111
Figura D - 4 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, jueves 27/09/2018..	112
Figura D - 5 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, viernes 28/09/2018.	113
Figura E - 1 ESAL'S para un periodo de Diseño de 5 años .....	115
Figura E - 2 ESAL'S para un periodo de Diseño de 10 años .....	116
Figura E - 3 ESAL'S para un periodo de Diseño de 15 años .....	117
Figura E - 4 ESAL'S para un periodo de Diseño de 20 años .....	118
Figura F - 1 ESAL'S para un periodo de Diseño de 5 años .....	120
Figura F - 2 ESAL'S para un periodo de Diseño de 10 años .....	121
Figura F - 3 ESAL'S para un periodo de Diseño de 15 años .....	122
Figura F - 4 ESAL'S para un periodo de Diseño de 20 años .....	123
Figura G - 1 ESAL'S para un periodo de Diseño de 5 años.....	125
Figura G - 2 ESAL'S para un periodo de Diseño de 10 años.....	126
Figura G - 3 ESAL'S para un periodo de Diseño de 15 años.....	127
Figura G - 4 ESAL'S para un periodo de Diseño de 20 años.....	128
Figura H - 1 Estructura final de pavimentos para las tres rutas de travesía con sus respectivos TPD .....	130
Figura I - 1 Superficie Perfilada .....	132
Figura I - 2 Superficie Perfilada .....	132
Figura I - 3 Juntas Transversales y longitudinales.....	133

Figura I - 4 Colocación de Sobrecapa asfáltica .....	133
Figura I - 5 Sobrecapa asfáltica colocada.....	134
Figura I - 6 Sobrecapa asfáltica colocada.....	134
Figura J - 1 Carpeta asfáltica existente sin base granular y/o mejorada .....	136
Figura J - 2 Tramo sin sobrecapa por presencia de fuga.....	136
Figura J - 3 Superficie Perfilada.....	137
Figura J - 4 Colocación de Sobrecapa asfáltica.....	137
Figura J - 5 Sobrecapa asfáltica colocada .....	138
Figura J - 6 Sobrecapa asfáltica colocada .....	138
Figura K - 1 Alcantarilla de ladrillo colapsada .....	140
Figura K - 2 Colocación de Sobrecapa asfáltica .....	140
Figura K - 3 Colocación de Sobrecapa asfáltica .....	141
Figura K - 4 Sobrecapa asfáltica colocada .....	141
Figura L - 1 Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Moravia - Guadalupe .....	143
Figura L - 2 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Moravia - Guadalupe .....	144
Figura L - 3 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Moravia - Guadalupe .....	145
Figura L - 4 Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Guadalupe - Moravia.....	146
Figura L - 5 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Guadalupe - Moravia .....	147
Figura L - 6 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Guadalupe - Moravia .....	148
Figura M - 1 Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Guadalupe - Sabanilla.....	150

Figura M - 2 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Guadalupe - Sabanilla .....	151
Figura M - 3 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Guadalupe - Sabanilla .....	152
Figura M - 4 Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Sabanilla - Guadalupe .....	153
Figura M - 5 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Sabanilla - Guadalupe .....	154
Figura M - 6 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Sabanilla - Guadalupe .....	155
Figura N - 1 Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513 Sentido Alma Máter - Sabanilla .....	157
Figura N - 2 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513 Sentido Alma Máter - Sabanilla .....	158
Figura N - 3 Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513 Sentido Sabanilla - Alma Máter .....	159
Figura N - 4 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513 Sentido Sabanilla - Alma Máter .....	160
Figura O - 1 Herramienta utilizada para la estimación de la vida útil .....	162

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rutas de Travesía N°11402.....	24
Tabla 2 Rutas de Travesía N°11506.....	24
Tabla 3 Rutas de Travesía N°11506.....	24
Tabla 4 Datos de Rutas de Travesía .....	25
Tabla 5 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11402 0+000 a 0+350.....	28
Tabla 6 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11402 0+350 a 1+300.....	28
Tabla 7 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11506	28
Tabla 8 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11513	28
Tabla 9 Factores horarios de las estaciones permanentes de radar ubicadas en el Gran Área Metropolitana, Estación de San Pedro .....	43
Tabla 10 Factor de distribución por dirección .....	44
Tabla 11 Factor de distribución por carril.....	44
Tabla 12 Factores camión Oficio No. DVOP-5170-07 - MOPT.....	45
Tabla 13 Cálculo de Temperatura promedio para 5 días.....	48
Tabla 14 Distribución vehicular para la Ruta de Travesía N°11402.....	59
Tabla 15 Distribución vehicular para la Ruta de Travesía N°11506.....	61
Tabla 16 Distribución vehicular para la Ruta de Travesía N°11513.....	62
Tabla 17 Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11402 .....	63
Tabla 18 Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11506 .....	63
Tabla 19 Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11513 .....	64
Tabla 20 Comparación de Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11402	64
Tabla 21 Comparación de Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11506	64
Tabla 22 Comparación de Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11513	65
Tabla 23 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11402 .....	65
Tabla 24 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11402 .....	65
Tabla 25 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506 .....	66
Tabla 26 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506 .....	67
Tabla 27 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506 .....	67

Tabla 28 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506 .....	67
Tabla 29 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11513 .....	68
Tabla 30 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11513 .....	68
Tabla 31 Especificación de IRI recomendada para la colocación de sobrecapas asfálticas en proyectos de Conservación Vial.....	52
Tabla 32 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11402.....	69
Tabla 33 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11402.....	70
Tabla 34 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506.....	72
Tabla 35 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506.....	73
Tabla 36 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506.....	74
Tabla 37 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506.....	75
Tabla 38 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11513.....	76
Tabla 39 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11513.....	78
Tabla 40 Vida útil teórica para Rutas de Travesía .....	87
Tabla 41 Comparación de Vida útil para Rutas de Travesía.....	88
Tabla 42 Comparación de las propiedades de Rutas de Travesía .....	88

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

En mayo del año 2018, se llevó a cabo el cambio de Gobierno en Costa Rica, lo cual conllevó a que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), en conjunto con el presidente de la República, emitiera la directriz N°001-MOPT, la cual tiene como objetivo mejorar la movilidad de las personas por vías públicas, aprovechando la infraestructura existente y de los recursos físicos, personales y financieros disponibles.

Para cumplir con el propósito de esta directriz, se establecieron proyectos que ayuden con el ordenamiento vial, la disminución de la congestión vial y los tiempos de viaje en el transporte público colectivo dentro del Gran Área Metropolitana (GAM), de conformidad con intervenciones específicas de corto plazo.

En el Artículo 5 de la Directriz en mención se establece lo siguiente:

“Se declaran Rutas de Travesía, un conjunto de vías que anexa a las Rutas Nacionales existentes algunos tramos de rutas cantonales, en función del Proyecto de Modernización y Sectorización del Transporte Público modalidad autobuses del Área Metropolitana de San José y zonas aledañas a la GAM. El Grupo de Trabajo con base en esa definición, establecerá en sus intervenciones viales criterios de jerarquización de la infraestructura vial en la operación de las rutas de travesía, troncales, intersectoriales y diametrales en el sistema integrado de transporte público” (pág. 13).

Es por lo anterior que, para la Red Vial Nacional Pavimentada se establecieron 28 intervenciones específicas a corto plazo, dentro de las cuales se encuentran:

- Ruta de Travesía N°11402
- Ruta de Travesía N°11506
- Ruta de Travesía N°11513

Refiérase a la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 para la ubicación de éstas con las secciones de control y sus límites.

**Tabla 1 Rutas de Travesía N°11402**

Sección de Control	Límites
19726	Guadalupe Barrio Minerva (Ruta Nacional N°218) – Quebrada Barreal (Límite Cantonal)
19526	Quebrada Barreal (Límite Cantonal) – San Vicente de Moravia (Ruta Nacional N°102)

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 2 Rutas de Travesía N°11506**

Sección de Control	Límites
19529	La Robert Goicoechea (Ruta Nacional N°218) – Límite Cantonal (Río Torres)
19783	Límite Cantonal (Río Torres) – Sabanilla (Ruta Nacional N°202)

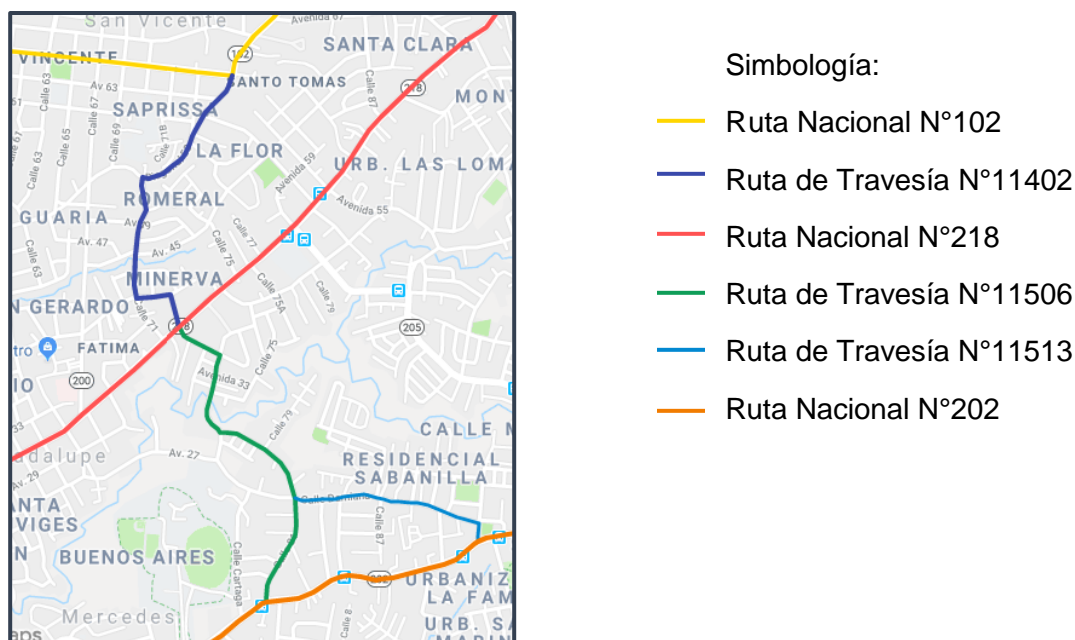
*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 3 Rutas de Travesía N°11506**

Sección de Control	Límites
19779	Sabanilla Centro (Ruta Nacional N°202) – Alma Máter C.T (Ruta de travesía N°11506)

*Fuente: Propia, 2018*





**Figura 1 Ubicación de Rutas de Travesía**

Fuente: Google Maps, 2018

Sin embargo, para las rutas en mención en el informe de Evaluación de la Red Vial Nacional (RVN) 2016-2017, elaborado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), no existen datos de deflexiones ni de Índice de Regularidad Internacional (IRI).

No obstante, el LanammeUCR, mediante el Oficio (LM-IC-D-0263-17: Solicitud de información de las Rutas Nacionales N°107, 118 y 39 y rutas de travesía, 2017) indica los siguientes datos de deflectometrías e IRI con su respectiva Nota de Calidad (Nota Q), los cuales se encuentran dentro de la categoría R-3 que, de conformidad con el informe de Evaluación de la RVN 2016-2017, se indicó como única alternativa de intervención posible la reconstrucción total del pavimento.

**Tabla 4 Datos de Rutas de Travesía**

Ruta	Sección	IRI	IRI Categoría	FWD	FWD Categoría	Nota Q
Travesía	11402	8.36	05 Muy Deficiente	75.15	03 Altas	R-3

Ruta	Sección	IRI	IRI Categoría	FWD	FWD Categoría	Nota Q
Travesía	11506	7.68	05 Muy Deficiente	85.74	03 Altas	R-3
Travesía	11513	6.83	05 Muy Deficiente	85.08	03 Altas	R-3

*Fuente: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, 2017*

Es importante mencionar que, por directriz de la Administración del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), no se ejecutó dicha reconstrucción, ya que los trabajos se deben realizar dentro de la Licitación Pública (LP) N°2014LN-000018-0CV00 MP Y R Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada Línea 1, Zonas 1-1, 1-2 y 1-9, San José, Heredia y Puriscal, misma que tiene como objetivo la conservación y mantenimiento de vías nacionales, no su reconstrucción.

Por otra parte, no se cuenta con presupuesto disponible para la reconstrucción de estas rutas; también, este tipo de intervención requiere cerrar el paso de todo tipo de vehículos por varios días, lo cual generaría interrupción del tránsito y esto conlleva a un mayor congestionamiento de las Rutas Nacionales aledañas.

Adicionalmente, en el Anuario de Información de Tránsito 2017 no existen datos del Tránsito Promedio Diario (TPD) para las rutas en cuestión.

No obstante, para realizar el diseño de cada ruta, Ingeniería Técnica de Proyectos (ITP) realizó las mediciones de deflectometría por impacto (Falling Weight Deflectometer, FWD) y la medición del perfil longitudinal.

En los informes N°ITP-GTC-037-18, N°ITP-GTC-038-18 y N°ITP-GTC-039-18, presentados por ITP, con respecto a las mediciones citadas anteriormente, se mostraron dos escenarios de intervención; en el primero, se estima un espesor requerido para una duración de 5 a 10 años de vida útil y para el segundo escenario, el cual es una medida de intervención rápida, se realiza una estimación de la vida útil, perfilando 5cm de la carpeta existente, luego la colocación de una geogrilla Asphalt Grid 50 (o similar) y, por último, la colocación de una sobrecapa de 8,0cm de espesor.

Para el caso del escenario 1, en los informes mencionados anteriormente se recomendó la siguiente estrategia de intervención:

- I. Realizar una revisión de los sistemas de evacuación de aguas pluviales a lo largo del camino y, si es necesario, proponer su mejoramiento mediante instalación de cunetas y alcantarillados con capacidad hidráulica suficiente para reducir la influencia de las aguas de escorrentía sobre el desempeño del pavimento.
- II. Perfilar 5,0cm de capa asfáltica existente.
- III. Corregir aquellos tramos donde existe un alto nivel de deterioro visible y manifestado mediante depresiones aisladas, bacheos en mal estado, agrietamientos o deformaciones superficiales de severidad alta u otros defectos superficiales que puedan atentar contra la capacidad del pavimento, posterior a las labores de perfilado.
- IV. Colocar una geogrilla Asphalt Fort Grid 75 (o similar) que detenga la propagación de grietas remanentes y su reflejo hacia la superficie y que permita incrementar la capacidad por fatiga de la capa asfáltica.
- V. Colocar una sobrecapa asfáltica estructural compuesta por mezcla asfáltica convencional (tamaño máximo nominal de 12.5mm o 19.0mm), de acuerdo con los cuadros de espesores de cada ruta, de forma tal que exista una mejora estructural y funcional, así como la recuperación de la pendiente o bombeo transversal de la superficie hacia los sistemas de evacuación de aguas pluviales. Se podría considerar el uso de mezcla asfáltica modificada con polímero, o bien, una mezcla asfáltica convencional con tamaño máximo nominal (TMN) de 19.0mm, con el fin de brindar una alta capacidad ante deformación plástica de la capa asfáltica en las zonas de tránsito lento.

**Tabla 5 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11402 0+000 a 0+350**

Duración (años)	Espesor de capa asfáltica sugerido (cm)
5	5.0 – 6.0 (*)
10	5.0 – 6.0 (*)

(\*): según espesor mínimo sugerido Espesor de capa > 3\*TMN, 5.0cm para MAC con 12.5mm TMN y 6.0cm para MAC con 19.0mm TMN.

Fuente: Fernández Cerdas, ITP-GTC-037-18, 2018

**Tabla 6 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11402 0+350 a 1+300**

Duración (años)	Espesor de capa asfáltica sugerido (cm)
5	23.0
10	26.5

Fuente: Fernández Cerdas, ITP-GTC-037-18, 2018

**Tabla 7 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11506**

Duración (años)	Espesor de capa asfáltica sugerido (cm)
5	28.5
10	32.5

Fuente: Fernández Cerdas, ITP-GTC-038-18, 2018

**Tabla 8 Espesores de sobrecapa asfáltica obtenidos Ruta de Travesía N°11513**

Duración (años)	Espesor de capa asfáltica sugerido (cm)
5	29.0
10	32.5

Fuente: Fernández Cerdas, ITP-GTC-039-18, 2018

Para el caso del escenario 2, ITP presenta dos alternativas con la siguiente estrategia de intervención:

- Alternativa 1
  - I. Realizar una revisión de los sistemas de evacuación de aguas pluviales a lo largo del camino y, si es necesario, proponer su

mejoramiento mediante instalación de cunetas y alcantarillados con capacidad hidráulica suficiente para reducir la influencia de las aguas de escorrentía sobre el desempeño del pavimento.

- II. Perfilar 5.0cm de capa asfáltica existente.
- III. Colocar una geogrilla Asphalt Fort Grid 75 (se podría utilizar una geogrilla Asphalt FortGrid 50, dado que el principal uso será para control de reflejo de grietas remanentes posterior al perfilado) que detenga la propagación de grietas remanentes y su reflejo hacia la superficie.
- IV. Colocar una sobrecapa asfáltica de 8.0cm de espesor compuesta por mezcla asfáltica convencional (TMN de 12.5mm o 19.0mm), de forma tal de que exista una mejora funcional, así como una recuperación de la pendiente o bombeo transversal de la superficie hacia los sistemas de evacuación de aguas pluviales. Se podría considerar el uso de mezcla asfáltica modificada con polímero, o bien, una mezcla asfáltica convencional con TMN de 19.0mm, con el fin de brindar una alta capacidad ante deformación plástica de la capa asfáltica en las zonas de tránsito lento.

- Alternativa 2

- I. Realizar una revisión de los sistemas de evacuación de aguas pluviales a lo largo del camino y, si es del caso, proponer su mejoramiento mediante instalación de cunetas y alcantarillados con capacidad hidráulica suficiente para reducir la influencia de las aguas de escorrentía sobre el desempeño del pavimento.
- II. Corregir aquellos tramos donde las deflexiones resultaron ser muy altas y/o que presenten deterioros superficiales importantes mediante un bacheo a profundidad con mezcla asfáltica.
- III. Colocar una geogrilla Asphalt Fort Grid 75 (se podría utilizar una geogrilla Asphalt FortGrid 50, dado que el principal uso será para control de reflejo de grietas remanentes posterior al perfilado) que

detenga la propagación de grietas remanentes y su reflejo hacia la superficie.

- IV. Colocar una sobrecapa asfáltica de 5.0cm a 8.0cm de espesor, compuesta por mezcla asfáltica convencional (TMN de 12.5mm o 19.0mm), de forma tal de que exista una mejora funcional, así como una recuperación de la pendiente o bombeo transversal de la superficie hacia los sistemas de evacuación de aguas pluviales. Se podría considerar el uso de mezcla asfáltica modificada con polímero, o bien, una mezcla asfáltica convencional con TMN de 19.0mm, con el fin de brindar una alta capacidad ante deformación plástica de la capa asfáltica en las zonas de tránsito lento.

En virtud de que las intervenciones eran inmediatas, los niveles de la rasante no se podían elevar debido al tendido eléctrico de la zona y a los accesos para las casas y negocios; además, el presupuesto era limitado para estas intervenciones, por lo que la Administración de CONAVI tomó la decisión de realizar la Alternativa 1 del escenario 2. Este tiene una vida útil teórica de 1.2 meses para la Ruta de Travesía N°11402, 17 días para la Ruta de Travesía N°11506 y 4 días para la Ruta de Travesía N°11513, las cuales son objeto de estudio de este proyecto.

Sin embargo, la misma Administración de CONAVI solicitó después, para las tres rutas, un cambio en el tipo de intervención, el cual consistía en:

- Perfilar 6.0cm de la capa asfáltica existente
- No colocar la geogrilla
- Prenivelar con mezcla asfáltica 4.0cm
- Colocar una sobrecapa de 6.0cm

## **1.2. Planteamiento del problema de investigación**

¿Qué incidencia tiene que para las rutas de travesía a intervenir no se cuente con datos del Tránsito Promedio Diario (TPD)?

¿Cuánto incrementó la vida útil del pavimento con la estrategia de intervención realizada?

¿Existe una mejora funcional y estructural de la sobrecapa asfáltica para las tres rutas de travesía?

### **1.3. Objetivo general**

Evaluar la mejora estructural y funcional, in situ, de la sobrecapa asfáltica para tres rutas de travesía en San José.

### **1.4. Objetivos específicos**

- Realizar conteos de tránsito vehicular, pruebas de deflectometría por impacto FWD, con una frecuencia de 50m sobre cada carril y medición del perfil longitudinal para el cálculo del IRI.
- Comparar las deflectometrías por impacto FWD y el de Índice de Regularidad Internacional, con respecto a los valores iniciales de diseño previo a la intervención, definiendo si se obtuvo mejoría debido a la intervención realizada.
- Revisar la vida útil del pavimento, con base en los datos del tránsito vehicular real de cada una de las rutas y las deflexiones experimentales.

### **1.5. Justificación**

La realización de este proyecto permite verificar si las deflexiones obtenidas con deflectometría por impacto FWD lograron alguna disminución respecto con sus valores iniciales y si el IRI obtuvo alguna mejoría con el tipo de intervención que se realizó en cada una de las tres rutas, con el fin de comprobar su mejora estructural y funcional.

Por otra parte, es importante determinar si la vida útil de este pavimento es mayor a 1.2 meses para la Ruta de Travesía N°11402, 17 días para la Ruta de Travesía N°11506 y 4 días para la Ruta de Travesía N°11513, con base

en los datos reales y actualizados, ya que de esto dependerá su tipo de mantenimiento y/o rehabilitación.

### 1.6. Alcance y limitaciones

Realizar la evaluación de la mejora funcional y estructural de la intervención efectuada en las Rutas de Travesía N°11402, sección de control 19726/19526; N°11506, sección de control 19799; y N°11513, sección de control 19529/19783, las cuales tienen una longitud de 1.28Km, 1.36Km y 800m respectivamente, para un total de 3.44Km, con un carril por sentido. No se toman en cuenta parámetros de rozamiento superficial.

La evaluación consta de la recopilación y análisis del perfil longitudinal para el cálculo de IRI, de acuerdo con la norma ASTM E 950, TPD, de acuerdo con lo establecido en el Anuario de Información de Tránsito 2017, Deflectometría de impacto FWD, de acuerdo con la norma ASTM D-4694 y auscultación visual.

La medición del perfil longitudinal para el cálculo del IRI se realizó con un perfilómetro inercial, modelo *CS9400 Perfilómetro Sencillo*, el cual se muestra en la Figura 2.

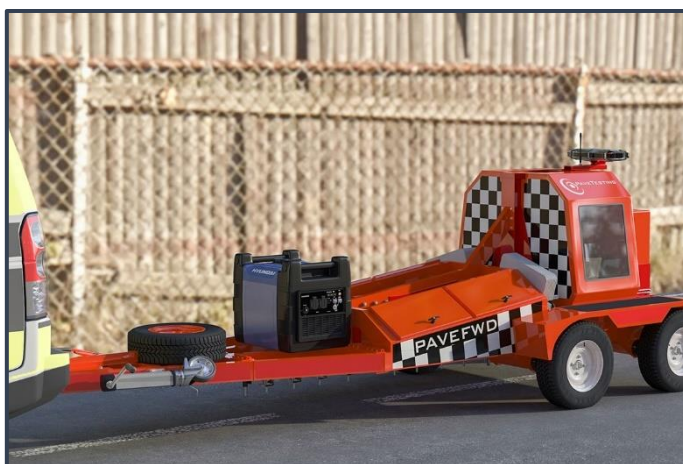


**Figura 2 Perfilómetro sencillo CS9400**  
*Fuente: Propia, 2018*



Con respecto a la deflectometría, se utilizó un deflectómetro de impacto, modelo PAVEFWD-150, número de serie 026BT0214, número de VIN #SA9FN1313EE258026, el cual se muestra en la Figura 3.

Estos dos equipos mencionados anteriormente son los utilizados por ITP para la realización de dichos ensayos.



**Figura 3 Deflectómetro de Impacto PAVEFWD-150**  
*Fuente: PaveTesting Limited 2014, 2018*

Para la recolección de datos del TPD se realizaron conteos de tránsito vehicular, con el fin de establecer la distribución y composición del volumen de tránsito para las rutas en estudio.

Cabe destacar que el trabajo no desarrollará una propuesta de diseño estructural basándose en los datos obtenidos, sino únicamente una estimación del incremento de vida útil.

### **1.7. Impacto**

Una vida útil mayor a lo que está estimado teóricamente para este tipo de intervención implicaría una disminución en los costos de las próximas actividades de conservación y/o rehabilitación y unas intervenciones en un tiempo más lejano.

Teniendo la información del TPD donde refleje la información real de cada ruta, se disminuye la incertidumbre en el diseño, ya que los valores utilizados eran los de las Rutas Nacionales cercanas, para las cuales su mayor porcentaje es el de vehículos pesados, lo que conlleva a mayor cantidad de Ejes Equivalentes.

Por otra parte, con la mejora del IRI se ofrecen mejores condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las carreteras. También tiene incidencia en los costos de operación de los vehículos, puesto que, dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse en un mayor desgaste de llantas y aumento en el consumo de combustible. También, valores elevados de IRI ocasionan mayores deterioros en el tiempo, mayor costo de mantenimiento, una vida útil de servicio inadecuada y rehabilitaciones o reconstrucciones del pavimento a temprana edad.

De cumplirse con el objetivo del Gobierno, se estaría disminuyendo el congestionamiento en el GAM, lo cual impactaría directamente en una mejora del flujo vehicular y, con esto, disminuiría el estrés de los conductores que transitan por estas zonas, se lograría una menor contaminación por los gases tóxicos emitidos por los vehículos, mayor rapidez para llegar a los destinos y un aumento en la plusvalía de las propiedades que se encuentran frente a estas zonas.

## **Capítulo # 1 Fundamentación teórica**

### **2.1. Marco Teórico Conceptual**

#### **2.1.1. Deflexiones**

Son los desplazamientos verticales temporales de un pavimento, proveniente de la aplicación de cargas de las ruedas de los vehículos.

#### **2.1.2. Deflectometría por impacto**

Es un método no destructivo y rápido que permite evaluar la capacidad estructural de un pavimento, simulando el comportamiento del pavimento ante el paso de los vehículos pesados. Este está capacitado para ser levantado a una o más alturas predeterminadas y luego dejarse caer.

#### **2.1.3. Desempeño estructural y funcional**

El desempeño estructural es la capacidad del pavimento de resistir el trabajo combinado del tráfico y el ambiente; y el desempeño funcional es la percepción de los usuarios de la serviciabilidad y seguridad en la vía.

#### **2.1.4. Ejes Equivalentes (ESAL'S)**

ESAL'S, por sus siglas en inglés "equivalent simple axial load", es la cantidad de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kip (80 kN) para un periodo determinado; se utiliza esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes.

#### **2.1.5. Índice de Regularidad Internacional**

(Paterson, 1987), citado por (Badilla Vargas, Barrantes Jiménez, & Elizondo Arrieta, 2008), brinda la siguiente definición para el IRI:

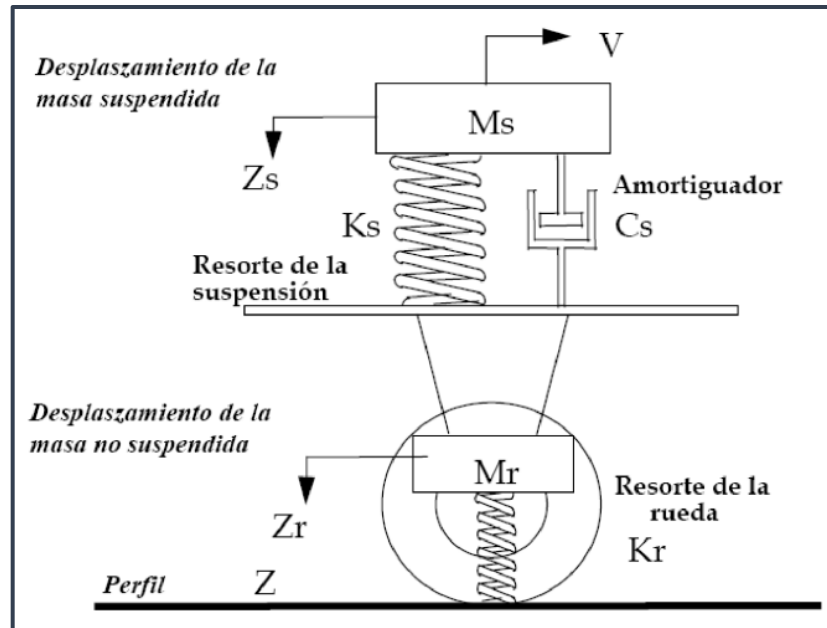
El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico. Está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS80, Reference Average 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.

En resumen, el IRI define la razón entre la acumulación de las variaciones en los desplazamientos verticales, inducidos por la irregularidad del camino, debido al sistema de suspensión de un vehículo estándar y la distancia recorrida a una velocidad de 80 km/h. La unidad de medida del IRI es m/km o mm/m.

Para calcular el IRI se utilizan herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales, mediante las cuales se deriva la medida de regularidad superficial del camino, en cuyo procesamiento se definen etapas claramente diferenciadas. (Badilla Vargas, Barrantes Jiménez, & Elizondo Arrieta, 2008) describen el proceso para el cálculo del IRI, como se menciona a continuación:

- El primer paso para calcular el IRI es medir las elevaciones del camino para representar el perfil real a través de un sistema clasificatorio asociado a la precisión, obtenido por medio del instrumento utilizado en la auscultación del camino.
- Primer filtro: los datos obtenidos en la medición del perfil real se someten a un análisis estadístico, llamado media móvil, y adecuaciones matemáticas, esto para generar un nuevo perfil que se pueda analizar según las irregularidades.
- Segundo filtro: al perfil obtenido se le aplica un modelo de cuarto de carro, el cual permite registrar las características del camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar. Este modelo simplifica un vehículo como un conjunto de masas ligadas mediante resortes y amortiguadores. Esto lo hace basado en mecánica vibratoria de sistemas dinámicos, es así como se miden los movimientos verticales generados por la irregularidad de la superficie. El IRI es el resultado de la acumulación de la simulación del movimiento relativo entre la masa amortiguada y no amortiguada, normalizado en la longitud de determinación del índice. El modelo de cuarto de carro se puede apreciar en la Figura 4.



**Figura 4 Modelo de cuarto de carro**

Fuente: Badilla Vargas, Elizondo Arrieta, & Barrantes Jiménez, 2008

#### 2.1.6. Mezcla asfáltica

(Salas Chaves, Sequeira Rojas, & Solórzano Murillo, 2015) ofrecen la siguiente definición:

Es un material heterogéneo, formado por una mezcla de agregados de diferentes tamaños, polvo mineral y un ligante asfáltico, de forma que una vez compactada presenta propiedades suficientes para resistir el tráfico vehicular (pág. 9).

#### 2.1.7. Nota de Calidad (Nota Q)

La Nota Q establece el tipo de intervención final de una ruta, de acuerdo con su condición estructural y funcional. En la Figura 5 se muestra la matriz de Notas Q según el informe de Evaluación de la (RVN) 2016-2017.

Rangos de TPD		Límites de los valores de deflexión ( $10^{-2}$ mm)				
0 - 5000		←	76.5	88.5	115.7	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
50000 - 15000		←	70.8	83.3	112.9	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
15000 - 40000		←	59.2	69.4	95.2	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
Casos especiales		←	48.5	57.6	80.8	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS

Indicador Estructural		CATEGORÍAS DE FWD				
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS	
Indicador Funcional		↓	↓	↓	↓	
Rangos de IRI (m/Km)	< 1.9 (Bueno)	→	Q1	Q3	Q6	R-1
	1.9 - 3.6 (Regular)	→	Q2	Q5	Q8	R-2
	3.6 - 6.4 (Malo)	→	Q4	Q7	Q9	R-3
	>6.4 (Malo)	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP

**Figura 5 Matriz de Combinación de Notas Q**

Fuente: Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2016-2017, 2018

### 2.1.8. Número Estructural (SN)

Es un número estructural abstracto que expresa la cantidad estructural requerida por un pavimento para las combinaciones dadas de soporte de la cantidad estimada de ejes equivalentes por carril para un periodo de diseño, la confiabilidad, el conjunto total de desviaciones estándar, el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante y la pérdida de serviciabilidad.

### 2.1.9. Sobrecapa de Mezcla Asfáltica

(Salas Chaves, Sequeira Rojas, & Solórzano Murillo, 2015) expresan:

Consiste en la colocación de una capa de mezcla asfáltica en caliente, sobre una capa de rodamiento existente para mejorar las condiciones superficiales del pavimento. Puede sustituir total o parcialmente el espesor de una capa existente (pág. 10).

### 2.1.10. Tamaño máximo nominal de agregado

Es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado, retiene más del 10 por ciento del peso total de agregado.

### 2.1.11. Tránsito Promedio Diario (TPD)

(Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007) definen el TPD como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del periodo (pág. 154). De manera matemática se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T < 1 \text{ año}}$$

Donde:

$N$  = Número total de vehículos que pasan durante  $T$  días

$T$  = Número de días del periodo

Con los volúmenes de TPD se puede medir la demanda actual de las carreteras, evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial y localizar zonas donde se necesite construir o mejorar las existentes.

### 2.1.12. Vida útil de un pavimento

Es el tiempo que transcurre entre la construcción del pavimento hasta el momento en que alcanza una condición de falla o una condición que no es aceptable para su buen funcionamiento.

## 2.2. Marco Situacional

### 2.2.1. Contexto geográfico

El presente trabajo se enfoca en la Ruta de Travesía N°11402, secciones de control SC 19726, Guadalupe Barrio Minerva (Ruta Nacional N°218) – Quebrada Barreal (Límite Cantonal) y SC 19526 Quebrada Barreal (Límite Cantonal) – San Vicente de Moravia (Ruta Nacional N°102); la Ruta de Travesía N°11506, secciones de control 19529, La Robert Goicoechea (Ruta Nacional N°218) – Límite Cantonal (Río Torres) y 19783 Límite Cantonal (Río Torres) –

Sabanilla (Ruta Nacional N°202) y la Ruta de Travesía N°11513, sección de control 19779, Sabanilla Centro (Ruta Nacional N°202) – Alma Máter C.T (Ruta de travesía N°11506), las cuales tienen una longitud total de 3.96Km, con un carril por sentido.

### **2.2.2. Contexto temporal**

Las rutas de travesía en estudio no cuentan con información sobre las intervenciones que se hicieron anteriormente; por lo tanto, no se tiene certeza de la estructura del pavimento de las rutas en mención.

Sin embargo, en mayo del 2018, el laboratorio Ingeniería Técnica de Proyectos realizó un análisis de cada ruta, donde se obtuvo la situación actual de cada una de ellas:

- Ruta travesía N°11402: está compuesta por 3.0cm, 4cm y 8.5cm de capa asfáltica y 84cm de capa de base granular con un CBR de 47% y una densidad seca máxima de 1803 kg/m<sup>3</sup>, apoyados directamente sobre la subrasante existente, la cual reportó un valor de CBR de 8.0% y una densidad seca máxima de 1340 kg/m<sup>3</sup>.
- Ruta travesía N°11506: está compuesta por 12.0cm a 19.0cm de capa asfáltica y 15.0cm de capa de base granular mejorada con cemento hidráulico, el cual presentó un CBR de 89% y una densidad seca máxima de 1783 kg/m<sup>3</sup>, apoyados directamente sobre la subrasante existente, la cual reportó un valor de CBR de 10.0% y una densidad seca máxima de 1355 kg/m<sup>3</sup>.
- Ruta travesía N°11513: está compuesta por 10.5cm y 11.5cm de capa asfáltica y 8.0cm de capa de base granular, para la cual no se pudo obtener valores de CBR ni densidad máxima teórica, debido a que el espesor era muy reducido para los ensayos correspondientes sin muestras contaminadas, apoyados directamente sobre la subrasante existente, la cual presentó un valor de CBR de 6.0% y una densidad seca máxima de 1413 kg/m<sup>3</sup>.



### **2.2.3. Contexto específico**

El proyecto se desarrolla a partir de conocimiento de diseños de pavimentos, ingeniería de transportes y mecánica de materiales.

## Capítulo # 2 Metodología

### 3.1. Tipo de Investigación y Enfoque Metodológico

El tipo de investigación para el proyecto que compete es cuantitativo y la metodología para el desarrollo se divide en cinco fases:

- Revisión bibliográfica.
- Recolección de datos.
- Procesamiento de la información.
- Análisis de resultados.
- Generación de informe final y cierre del proyecto.

#### 3.1.1. Revisión bibliográfica

En esta etapa se realiza la búsqueda de información donde se definan conceptos que permitan una mejor comprensión sobre el tema a desarrollar. Se revisan metodologías para la medición del perfil longitudinal para el cálculo del IRI, la medición de la deflectometría por impacto FDW, el cálculo de ejes equivalentes de diseño y los conteos de tránsito vehicular, así como bibliografía adicional para el diseño, normas de referencia, oficios y demás.

#### 3.1.2. Recolección de datos

##### 3.1.2.1. *Conteos vehiculares*

Durante esta etapa del proyecto se realizan conteos de tránsito vehicular desde las 6:00am a las 09:00am y desde las 4:00pm a las 7:00pm, de lunes a viernes, en la semana del 24 al 28 de septiembre del año 2018, con el fin de establecer la distribución y composición del volumen de tránsito para las rutas en estudio.

Esta recolección de datos se realizó a mano alzada, por medio de una tabla diseñada (Ver Anexo A), donde se busca realizar un registro de cada lapso de la cantidad de vehículos que transitan según su cantidad de ejes.

Una vez obtenida la cantidad de vehículos que transitaron durante las horas y días de estudio, se debe extender a 24 horas, por medio de los factores

horarios continuos que se indican en el Anuario de Información de tránsito 2017, como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9 Factores horarios de las estaciones permanentes de radar ubicadas en el Gran Área Metropolitana, Estación de San Pedro**

Hora	Porcentaje (%)
6:00 – 7:00	4.24
7:00 – 8:00	5.66
8:00 – 9:00	5.42
16:00 – 17:00	5.89
17:00 – 18:00	5.06
18:00 – 19:00	4.95
<b>Total</b>	<b>31.22</b>

Fuente: MOPT, Dirección de Planificación Sectorial, 2017

De acuerdo con (Traffic Monitoring Guide, 2016), para calcular el volumen del tránsito diario de un conteo de corta duración se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$TPD = \frac{\sum \text{Volumen del conteo} * 100\%}{\sum \text{Porcentajes de factores horarios}}$$

### 3.1.2.2. Cálculo de ejes equivalentes

Para el cálculo de ejes equivalentes de carga (ESAL'S) se basa en la metodología de American Association of State Highways and Officials (AASHTO) 1993, la cual establece la siguiente ecuación:

$$ESAL'S = TPD * T * T_f * G_T * D * L * 365 * Y$$

Donde:

$TPD =$  Tránsito promedio diario

$T =$  Porcentaje de frecuencia

$T_f =$  Factor Camión

$$G_T = \text{Factor de crecimiento} = GY = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

$Y = \text{Periodo de diseño}$

$r = \text{crecimiento anual, \%}$

$D = \text{Factor de distribución por dirección (LD)}$

$L = \text{Factor de distribución por carril (LC)}$

10: Para el factor de distribución por dirección (LD) se utilizará la Tabla

**Tabla 10 Factor de distribución por dirección**

Número de carriles en ambas direcciones	LD
2	50
4	45
6 o más	40

*Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993*

Para el factor de distribución por carril (LC) se utilizará la Tabla 11:

**Tabla 11 Factor de distribución por carril**

Número de carriles en ambas direcciones	LC
1	1,00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

*Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993*

Cabe destacar que para los datos del Factor camión se utilizan los recomendados por el CONAVI, de conformidad con los lineamientos y directrices emitidos por el Despacho del Viceministro de Obras Públicas, mediante oficio No. DVOP-5170-07, de fecha 10 de septiembre del 2007.

**Tabla 12 Factores camión Oficio No. DVOP-5170-07 - MOPT**

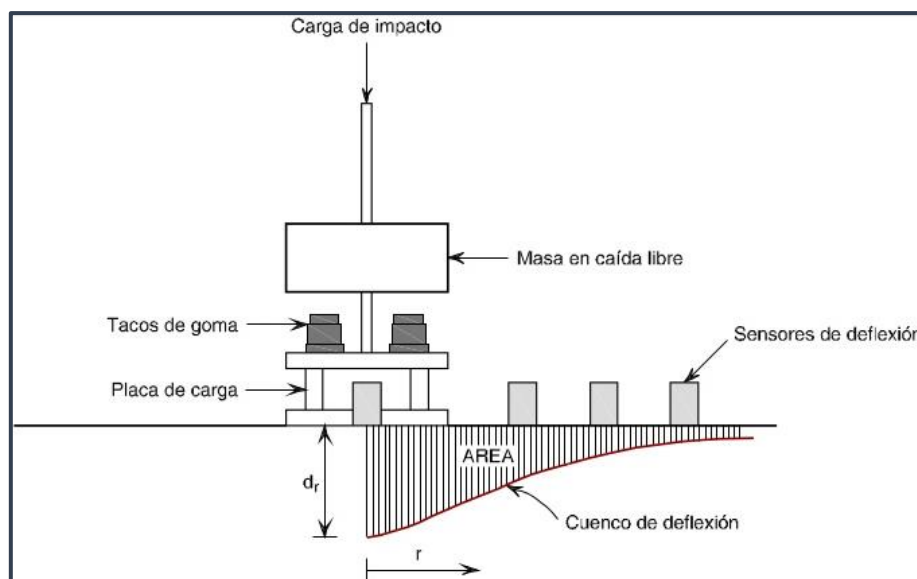
Tipo de vehículo	Factor Camión
Livianos	0.004
Bus	2.290
Carga liviana	0.020
Camión C2	0.630
Camión C3	1.280
Camión T3-S2	2.380

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT, 2007

### 3.1.2.3. Medición de deflexión

La realización de ensayos de FWD se lleva a cabo según la norma ASTM D-4694, con un deflectómetro de impacto, modelo PAVEFWD-150.

Estos equipos imparten cargas dinámicas creando deflexiones mediante la aplicación de una carga vibratoria o impulso a la superficie del pavimento, a través de una placa de carga de 300mm de diámetro. Para estos dispositivos, la carga dinámica es generada por una masa libre que se deja caer sobre un conjunto de resortes de goma, como se muestra en la Figura 6.



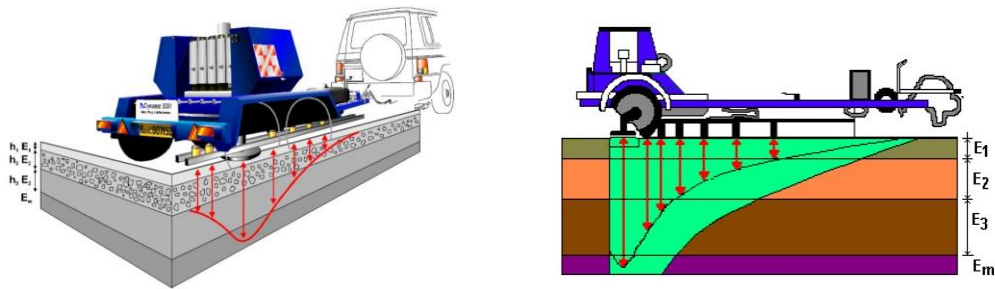
**Figura 6 Impulso de carga FWD**

Fuente: Higuera, 2011

Esta fuerza de impacto resultante transmitida al pavimento a través de la placa no debe variar una de otra en más de 3%. El pulso de la fuerza debe

aproximarse a la forma un medio seno verso o a una onda de medio seno y debe ser factible que la fuerza máxima pueda ser variada dentro del rango de 7 a 105 KN (1500 a 24000/lbf).

La respuesta del pavimento se mide, típicamente, por una serie de sensores radialmente desplazados a partir de la placa de carga, como se muestra en la Figura 7.

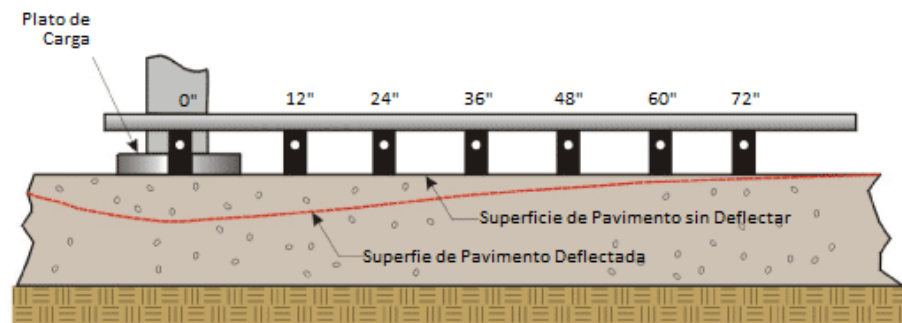


**Figura 7 Distribución de los sensores (geófonos)**

Fuente: Higuera, 2011

#### *Número y espaciamiento de sensores*

El equipo cuenta con 7 sensores separados a una distancia de 12 pulgadas (30 centímetros), según lo establecido en AASHTO 1993.



**Figura 8 Espaciamiento de los sensores (geófonos)**

Fuente: Higuera, 2011

#### *Selección de la carga*

La carga utilizada es de 9000 libras (40KN), ya que es la mitad de la carga utilizada para el diseño de pavimentos; es decir, 1 ESAL, que significa 18000 libras (80KN).

### *Mediciones directas de deflexión*

Se realizará la medición directa de las deflexiones a lo largo de las 3 rutas de travesía, cada 50 metros, de manera alternada en ambos carriles.

### *Normalización de deflexiones por temperatura y carga*

Una vez que se tienen los datos de las deflectometrías obtenidas en campo, se realiza la normalización por carga. Esta corrección se debe a que el equipo no proporciona la misma carga en todos los impactos, por lo que se debe normalizar las deflexiones en términos de una fuerza teórica de 40KN.

Por otra parte, las deflexiones normalizadas por carga es necesario corregirlas por temperatura, debido a que la rigidez de la carpeta asfáltica se ve muy influenciada por la temperatura, y los cambios en la rigidez del asfalto afectan directamente las deflexiones; esta normalización busca determinar todas las deflexiones a una temperatura estándar de 20°C.

- Normalización por carga (según el Método AASHTO 1993)

$$D_{0n} = D_0 * \frac{40}{P_0}$$

Donde:

$D_{0n}$  = Deflexión normalizada por una carga de 40KN

$D_0$  = Deflexión medida en el sensor seleccionado

$P_0$  = Carga en (KN) aplicada en las mediciones de campo

- Normalización por temperatura (según el Método del Instituto de Asfalto)

$$D_{20} = D_{0n} * [10^{\alpha(68-T_{prof})}]$$

Donde:

$D_{20}$  = Deflexión normalizada a una temperatura de 20°C (68°F)

$\alpha = 3.67 \times 10^{-4} * t^{1.4635}$

$t$  = Espesor AC de la capa (in)

$T_{prof}$  = Temperatura a la profundidad de interés (°F)

$$T_{prof} = A * \ln(prof) + B$$

$$A = \left( \frac{-65}{669} * (T_{sup} + T_{5 \text{ días}}) + \frac{-616}{951} \right)$$

$prof$  = Profundidad de Interés (mm)

$$B = \left( \frac{325}{344} * (T_{sup} + T_{5 \text{ días}}) + \frac{1891}{509} \right)$$

$T_{sup}$  = Temperatura del pavimento en el momento de la medición

$T_{5 \text{ días}}$  = Temperatura del pavimento en el momento de la medición

Como no se cuenta con la temperatura promedio de cinco días ( $T_{5 \text{ días}}$ ), se estimó como un promedio entre la temperatura de aire máxima y la temperatura promedio anual según los datos del Instituto Meteorológico Nacional para la estación de Aranjuez.

**Tabla 13 Cálculo de Temperatura promedio para 5 días**

Dato	Temperatura (°C)
Temperatura aire máxima (°C)	26.3
Temperatura promedio anual (°C)	21.15
Temperatura promedio de 5 días (°C)	23.73

Fuente: Propia, 2018

### Clasificación de la Deflexión

Cuando se tienen las deflexiones normalizadas, se deben categorizar las deflexiones en función de su TPD, según la Figura 9.

TPD (Tránsito Promedio Diario)	Menor a 50000 vpd <sup>4</sup>	5000 - 15000 vpd	15000 - 40000 vpd	Casos Especiales <sup>5</sup>
	TPD Bajo	TPD Moderado	TPD Alto	Especiales
Categorías de Deflexión	Rangos (en mm x 10 <sup>-2</sup> )			
BAJAS	Menor a 76.5	Menor a 70.8	Menor a 59.2	Menor a 48.5
MODERADAS	76.5 - 88.5	70.8 - 83.3	59.2 - 69.4	48.5 - 57.6
ALTAS	88.5 - 115.7	83.3 - 112.9	69.4 - 95.2	57.6 - 80.8
MUY ALTAS	Mayor a 115.7	Mayor a 112.19	Mayor a 95.2	Mayor a 80.8

<sup>4</sup> vpd: vehículos por día

<sup>5</sup> Corresponden con rutas con alto TPD y porcentaje alto de vehículos pesados

**Figura 9 Rangos de deflexión según TPD, utilizados para clasificar resultados de FWD**

Fuente: Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2016-2017, 2018



#### **3.1.2.4. Medición del perfil longitudinal**

La medición del perfil longitudinal para el cálculo del IRI se hace de acuerdo con la norma ASTM E 950, la cual se realizará con un perfilómetro inercial, modelo *CS9400 Perfilómetro Sencillo*. Este equipo de medición se encuentra compuesto por: sensor de medición para distancia y velocidad, medidor láser y computadora de recolección de datos, los cuales se muestran en la Figura 10.



**Figura 10 Componentes del equipo**  
Fuente: Surface Systems & Instruments, Inc, 2018

#### **Preparación del vehículo para medición**

El vehículo en el que se instala el equipo debe estar alineado, tramado y balanceado en sus dos ejes, trasero y delantero.

La presión de los neumáticos deberá ser la misma en las cuatro llantas y su valor debe ser el recomendado por el fabricante. Adicionalmente, al vehículo se le instaló un soporte delantero, construido *ad hoc* para el equipo de medición, tal y como se observa en la Figura 11.

Cabe destacar que siempre se debe asegurar, antes de iniciar cualquier medición, que el haz de luz del láser se ubique al centro del eje del vehículo.



**Figura 11 Soporte delantero**

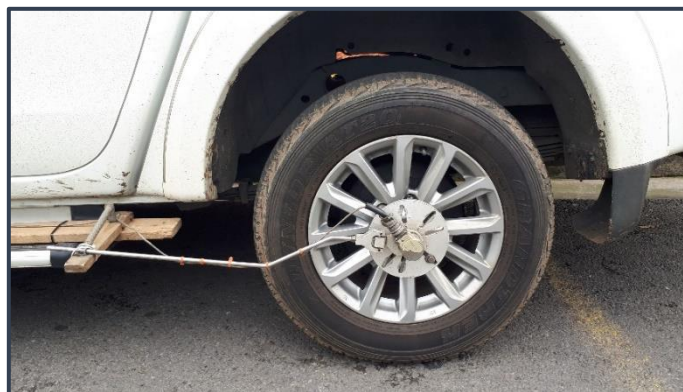
*Fuente: Propia, 2017*

### *Instalación del equipo*

El equipo de medición láser se debe instalar sobre el soporte que ha sido instalado en el vehículo de transporte, el mismo debe ajustarse para garantizar que todos sus componentes se encuentran debidamente asegurados.

La apertura del lente del láser requiere estar a 15in (38.1cm) de la superficie, distancia medida de la parte inferior del sensor (localizado a varias pulgadas encima de la cubierta blanca de protección del sistema), para verificar la distancia correcta.

Para la instalación de la interfaz de medición de distancia del sistema de perfil quedará como muestra la Figura 12.



**Figura 12 Interfaz de medición de distancia**

*Fuente: Propia, 2018*

### *Calibración del equipo*

Antes de la medición, el equipo se calibró por distancia y verificación de altura láser.

### *Preparación de la superficie de rodamiento para la medición*

Es recomendable que la superficie de rodamiento se encuentre barrida y libre de materiales, tales como grava o cualquier otro objeto que obstruya el libre tránsito sobre la línea de medición.

### *Metodología de medición*

La medición se llevará a cabo en la huella interna y externa de cada carril, pues la normativa internacional AASHTO R43 y ASTM E 950 indica que el cálculo del IRI se lleva a cabo a partir de la huella de cada carril.

### *Clasificación según el valor promedio de IRI final*

Una vez obtenidos los valores de IRI promedio finales, se procede con la clasificación de Regularidad para cada ruta de estudio.

Rango de IRI (m/km)	Clasificación
Menor a 1.0	Regularidad Superficial muy buena
Entre 1.0 y 1.9	Regularidad Superficial buena
Entre 1.9 y 3.6	Regularidad Superficial regular
Entre 3.6 y 6.4	Regularidad Superficial deficiente
Mayor a 6.4	Regularidad Superficial muy deficiente

**Figura 13 Rangos de Clasificación de regularidad superficial (IRI) para pavimentos flexibles**

*Fuente: Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2016-2017, 2018*

Como se mencionó anteriormente, estas obras se realizaron por medio de la Licitación Pública (LP) N°2014LN-000018-0CV00 MP Y R Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada Línea 1; Zonas 1-1, 1-2 y 1-9, San José, Heredia y Puriscal, en la cual se establece que:

En carreteras que presenten valores iniciales de IRI menores a 3.6m/km y mayores a 2.5m/km, con condiciones de agrietamiento severo, tipo “cuero de lagarto”, y se puedan perfilar para colocar una sobrecapa asfáltica, deberá obtenerse un valor máximo de IRI final que se reduzca en al menos un 10%.

Al colocar una sobrecapa asfáltica en carreteras que presenten valores iniciales de IRI en un rango de 3.6m/km a 6.4m/km, deberá obtenerse un valor máximo de IRI final de 3.2m/km.

En carreteras que presenten valores iniciales de IRI mayores a 6.4m/km, una vez colocada la sobrecapa asfáltica, deberá presentarse una mejora del IRI de un 50%, siempre y cuando no sobrepase un valor de IRI máximo de 5m/km (ambas condiciones deben cumplirse) (pág. 167).

En la Tabla 14 se resume la especificación para el cumplimiento final del IRI, de acuerdo con el valor del IRI inicial.

**Tabla 14 Especificación de IRI recomendada para la colocación de sobrecapas asfálticas en proyectos de Conservación Vial.**

Rango Inicial de IRI (m/km)	IRI Final (m/km)
$2.5 < IRI_{inicial} < 3.6$	Reducción del 10%
$3.6 < IRI_{inicial} < 6.4$	$IRI_{final} \leq 3.2$
$6.4 < IRI_{inicial}$	Reducción del 50% e $IRI_{final} \leq 5.0$

*Fuente: LP N°2014LN-000018-0CV00, 2015*

### 3.1.2.5. Estimación de la vida útil

La estimación de la vida útil teórica del pavimento se realizó por medio de la herramienta utilizada por el Ingeniero Sergio Fernández Cerdas, de ITP, en el diseño de las tres rutas de travesía, el cual se basa en la metodología propuesta por AASHTO 1993.

Como parámetros iniciales se tiene:

- Nivel de confianza R= 85%

De conformidad con los lineamientos y directrices emitidos por el Despacho del Viceministro de Obras Públicas, mediante oficio No. DVOP-5170-07, de fecha 10 de septiembre del 2007, para Rutas secundarias con TPD mayor a 2000.

**Tabla 15 Niveles de confianza e índices terminales de servicio**

Zona	TPD	Nivel de Confianza (%)	Índice de Servicio Terminal PSI
Rutas Primarias	Menor a 500	75	2.0

Zona	TPD	Nivel de Confianza (%)	Índice de Servicio Terminal PSI
Rutas Secundarias	Entre 500 y 2000	85	2.5
	Mayor a 2000	90	2.5
	Menor a 500	70	2.0
	Entre 500 y 2000	80	2.0
	Mayor a 2000	<b>85</b>	2.5
	Menor a 500	70	2.0
Rutas Terciarias	Entre 500 y 2000	75	2.0
	Mayor a 2000	80	2.0

*Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT, 2007*

- Desviación Normal Estándar  $Z_r = -1.037$

Este valor se determina en función del Nivel de confiabilidad R

**Tabla 16 Valores de  $Z_r$  en función de la Confiabilidad R**

Confiabilidad R (%)	Desviación Normal Estándar $Z_r$
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	<b>-1.037</b>
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

*Fuente: Guía para Diseño de Estructura de pavimentos AASHTO, 1993*

- Desviación Estándar  $S_o = 0.49$   
Para pavimentos flexibles se puede utilizar un valor entre 0.40 y 0.50, de acuerdo con la Metodología de AASHTO 1993, para el caso que corresponde se decide utilizar un valor de 0.49.
- Índice de Serviciabilidad Inicial  $P_0 = 4.2$   
Para el índice de serviciabilidad inicial, la metodología recomienda para pavimentos flexibles un valor de 4.2.
- Índice de Serviciabilidad final  $P_t = 2.5$   
De acuerdo con los lineamientos y directrices emitidos por el Despacho del Viceministro de Obras Públicas, mediante oficio No. DVOP-5170-07, de fecha 10 de septiembre del 2007, para Rutas secundarias con TPD mayor a 2000.

**Tabla 17 Niveles de confianza e índices terminales de servicio**

Zona	TPD	Nivel de Confianza (%)	Índice de Servicio Terminal PSI
	Menor a 500	75	2.0
Rutas Primarias	Entre 500 y 2000	85	2.5
	Mayor a 2000	90	2.5
	Menor a 500	70	2.0
Rutas Secundarias	Entre 500 y 2000	80	2.0
	Mayor a 2000	85	<b>2.5</b>
	Menor a 500	70	2.0
Rutas Terciarias	Entre 500 y 2000	75	2.0
	Mayor a 2000	80	2.0

*Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT, 2007*

- Coeficiente de Poisson Subrasante: 0.45

Por otra parte, se tienen los módulos y coeficientes estructurales con base en los valores utilizados por ITP para los diseños respectivos.

Ruta de Travesía N°11402

- Módulo de Resiliencia  $M_r$ : 447586 Psi

- Coeficiente estructural: 0.441

#### Ruta de Travesía N°11506

- Módulo de Resiliencia  $M_r$ : 214221 Psi
- Coeficiente estructural: 0.315

#### Ruta de Travesía N°11513

- Módulo de Resiliencia  $M_r$ : 449037 Psi
- Coeficiente estructural: 0.442

Para pavimentos flexibles por medio de la siguiente ecuación se determinar el SN según la cantidad de Ejes Equivalentes:

$$\log W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Donde:

$\log W_{18}$   
= Logaritmo en base 10 del número de ESAL estimados para el periodo de vida del pavimento.

$$\Delta PSI = \text{Pérdida de Serviciabilidad} = P_0 - P_t$$

Con la herramienta mencionada anteriormente, el objetivo es encontrar la cantidad de Ejes Equivalentes requeridos para un espesor de sobrecapa de 10.0cm que fue el colocado en las tres intervenciones.

Para esto se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$D_{OL} = \frac{SN_{OL}}{a_{OL}} = \frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{OL}}$$

Donde:

$D_{OL}$  = Espesor de la Sobre – capa

$SN_{OL}$  = SN requerido para la sobre – carpeta

$SN_f$  = SN Futuro

$$SN_{eff} = SN \text{ Efectivo de pavimento existente}$$

$$= SN_{efectivo} - SN_{perfilado}$$

$$SN_{perfilado} = D_{perfilado} * a_{MAC \text{ perfilada}}$$

$$D_{perfilado} = \text{Espesor de capa a perfilar (in)}$$

$$a_{MAC \text{ perfilada}} = \text{coeficiente estructural de MAC perfilado}$$

$$SN_{efectivo} = 0.0045 * D * \sqrt[3]{Ep}$$

$$D = \text{Espesor total de la estructura de pavimentos (in)}$$

$$Ep$$

$$= \text{Módulo efectivo de las capas que conforman el pavimento (psi)}$$

El módulo efectivo (Ep) es calculado mediante 20 iteraciones consecutivas, hasta que la igualdad de la siguiente ecuación se cumpla:

$$d_0 = 1.5 * P * a * \left( \frac{1}{Mr \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{Ep}{Mr}}\right)^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a}\right)^2}}}{Ep} \right)$$

Donde:

$D_0 =$  Deflexión medida en el centro del plato de la carga y normalizada

$P =$  Presión de la llanta (psi)

$a =$  Radio del plato de carga (in)

$Mr =$  Módulo resiliente de la subrasante (psi) \*

$D =$  Espesor total de la estructura de pavimentos (in)

\* El valor del Mr debe ser corregido por un factor de 0.33

Las deflexiones utilizadas para retrocalcular el módulo de la subrasante debe ser medida a una distancia que cumpla con la siguiente ecuación:

$$r \geq 0.7a_e$$



Donde:

$r =$  Distancia desde el centro del plato de carga al sensor (in)

$a_e =$  Radio del bulbo de esfuerzos en la interface estructura  
– subrasante (in)

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left( D \sqrt[3]{\frac{Ep}{Mr}} \right)^2}$$

### 3.1.3. Procesamiento de la información

Una vez realizados todos los ensayos y conteos descritos en la sección anterior, se requerirá de Microsoft Excel para tabular y realizar gráficas de las deflexiones, ejes equivalentes, tránsito promedio diario y estimación de la vida útil.

### 3.1.4. Análisis de resultados

En esta etapa del proyecto se realizó una recopilación de todos los datos obtenidos del TPD, IRI y deflectometrías por impacto FWD de las tres rutas de travesía intervenidas, con el fin de evaluar si existe una mejora funcional y estructural del pavimento. Por otra parte, con base en los datos del tránsito vehicular real de cada una de las rutas, se estimó que la vida útil del pavimento sea mayor a la vida útil estimada.

### 3.1.5. Generación del informe final y cierre del proyecto

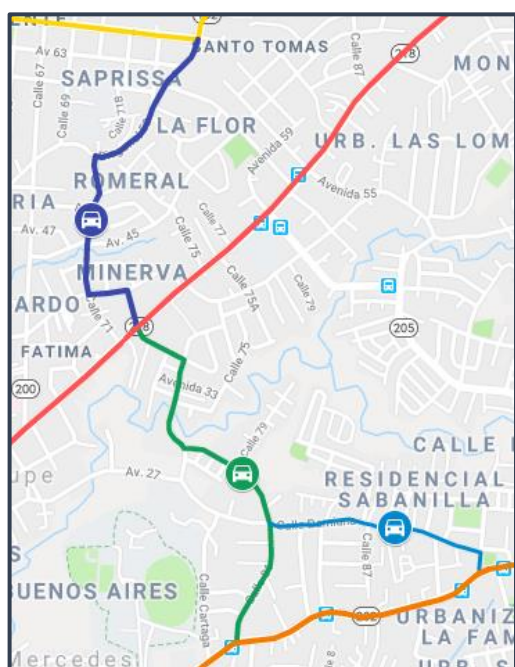
Luego de finalizar el análisis de resultados, se procedió con la elaboración de las conclusiones obtenidas, producto del desarrollo del proyecto y del cumplimiento de los objetivos establecidos.






## Capítulo # 3 Análisis de los resultados

### 4.1. Tránsito Promedio Diario (TPD)

Como se mencionó anteriormente, se realizaron conteos vehiculares, con el fin de obtener los datos reales de la distribución y composición del volumen de tránsito para las rutas en estudio; la ubicación de los sitios donde se efectuó dicha actividad se muestra en la Figura 14.



Simbología:

-  Conteo Ruta de Travesía N°11402
-  Conteo Ruta de Travesía N°11506
-  Conteo Ruta de Travesía N°11513

**Figura 14 Sitio de conteos para Rutas de Travesía**

Fuente: Google Maps, 2018

En la Tabla 18 se muestra la cantidad, según el tipo de vehículos y el día del conteo para la Ruta de Travesía N°11402. Cabe destacar que el lunes presentó el menor flujo vehicular y conforme trascurrían los días se iba aumentando la cantidad de vehículos, sin embargo, para el martes fue donde se presentó el mayor volumen de vehículos.

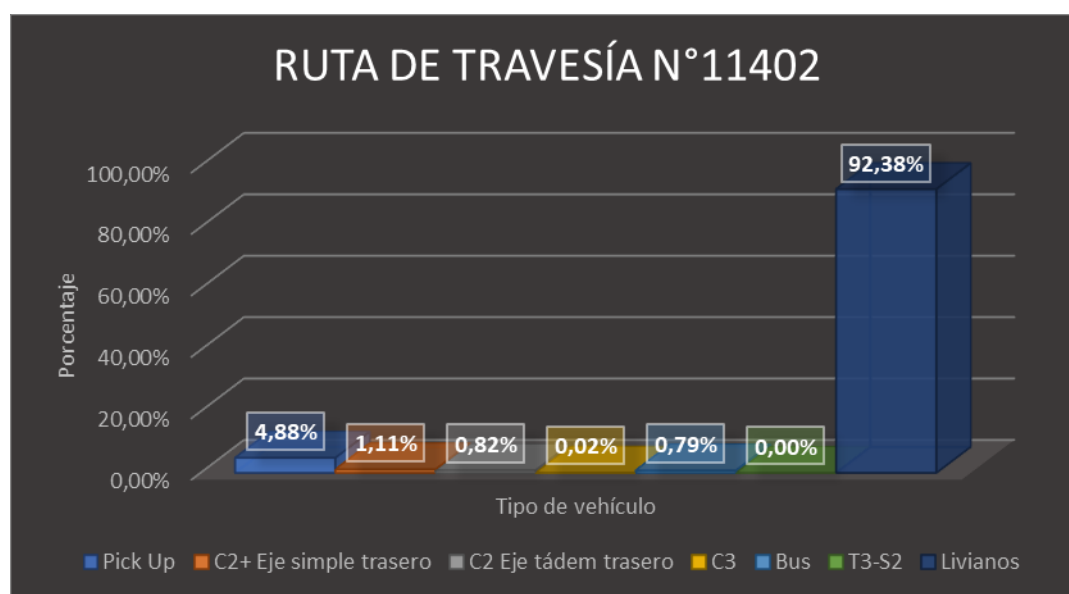
**Tabla 18 Distribución vehicular para la Ruta de Travesía N°11402**  
Sección de control 19726 / 19526

Día / Tipo	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2-Bus	T3-S2	Livianos	Total
Lunes	567	112	151	10	154	3	12 373	13 370

Día / Tipo	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2-Bus	T3-S2	Livianos	Total
Martes	874	199	147	3	141	0	16 541	17 905
Miércoles	865	218	154	19	48	0	13 283	14 587
Jueves	782	282	131	6	48	3	14 061	15 314
Viernes	737	122	189	16	32	0	15 663	16 758
<b>Total</b>	<b>3 824</b>	<b>932</b>	<b>772</b>	<b>54</b>	<b>423</b>	<b>6</b>	<b>71 922</b>	<b>77 934</b>

*Fuente: Propia, 2018*

En esta ruta de estudio, el día que presentó mayor aforo vehicular, como se mencionó anteriormente, fue el martes, con un 92.38% de Vehículos Livianos, seguido por los Pick-Up con un 4.88%, luego el Eje simple trasero con un 1.11% y, por último, el Eje dual trasero, Eje tándem trasero, Bus y T3-S2 representan en conjunto un 1.63%.



**Figura 15 Aforo vehicular del martes para Ruta de Travesía N°11402**

*Fuente: Propia, 2018*

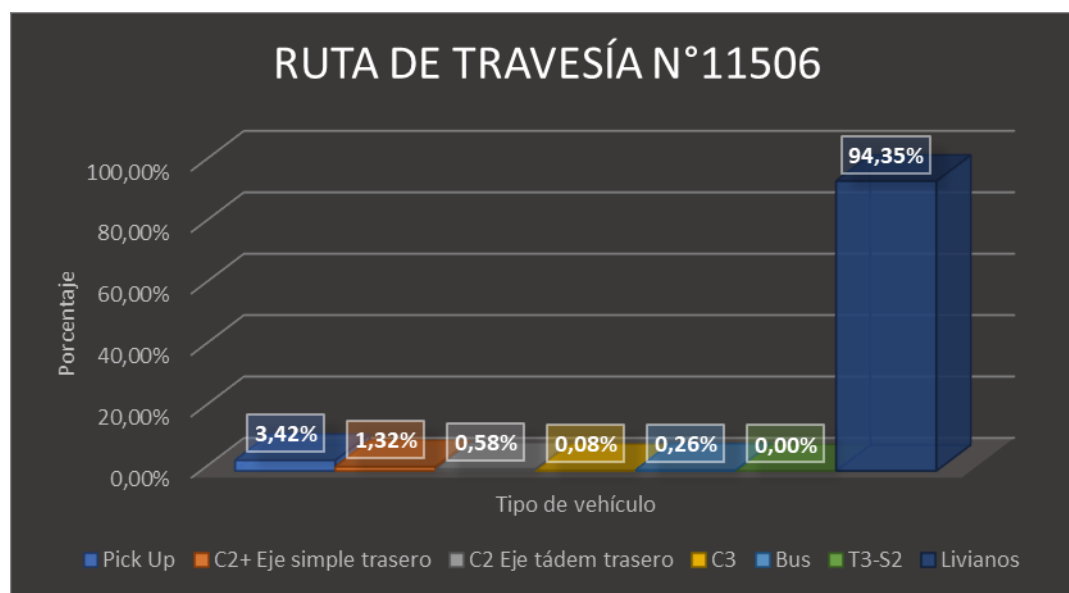
Un escenario similar se presenta en la Ruta de Travesía N°11506, el día de mayor volumen fue el viernes, como se puede observar en la Tabla 19. Para el caso de esta ruta, los mayores volúmenes se presentaron el lunes y viernes, sin embargo, durante los demás días hubo un aumento conforme avanzaba la semana.

**Tabla 19 Distribución vehicular para la Ruta de Travesía N°11506  
Sección de control 19799**

Día / Tipo	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2-Bus	T3-S2	Livianos	Total
Lunes	1345	202	128	32	237	0	21 313	23 258
Martes	910	163	99	67	106	0	19 039	20 384
Miércoles	894	211	240	13	122	0	19 427	20 906
Jueves	897	259	199	51	135	0	19 455	20 996
Viernes	871	336	147	19	67	0	24 052	25 493
<b>Total</b>	<b>4 917</b>	<b>1 172</b>	<b>814</b>	<b>183</b>	<b>666</b>	<b>0</b>	<b>10 3286</b>	<b>111 038</b>

*Fuente: Propia, 2018*

En la Figura 16 se puede observar que el 94.35% es de Vehículos Livianos, los Pick-Up corresponden al 3.42%, luego el Eje simple trasero con un 1.32% y, por último, el Eje dual trasero, Eje tándem trasero, Bus y T3-S2 representan en conjunto un 0.92%.



**Figura 16 Aforo vehicular del viernes para Ruta de Travesía N°11506**

*Fuente: Propia, 2018*

Por último, en la Ruta de Travesía N°11513 el jueves se presenta el nivel más alto de tránsito, el cual se puede observar en la Tabla 20. Cabe destacar

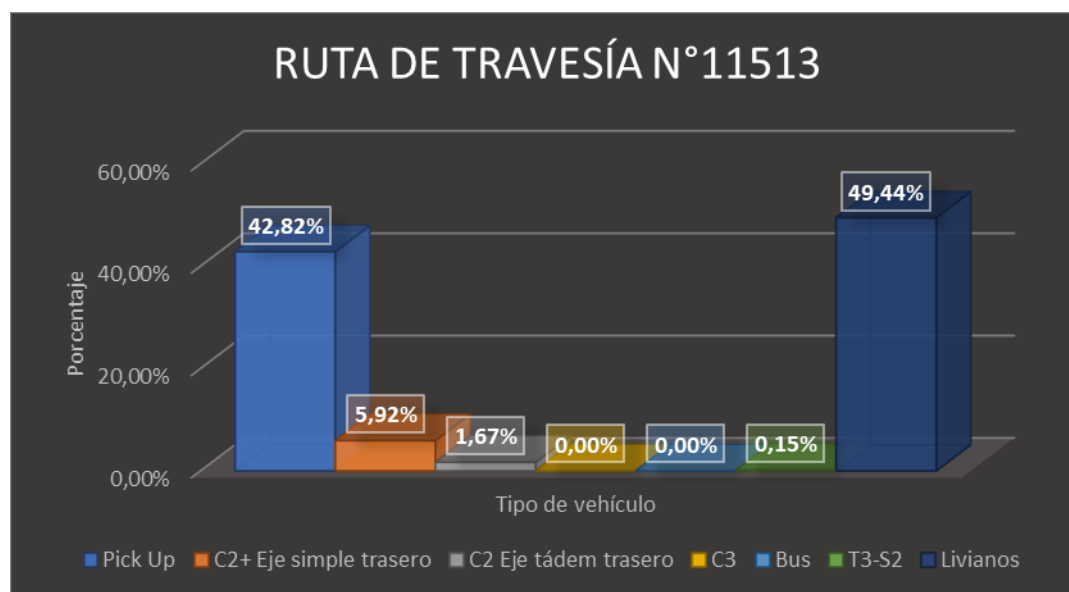
que sí hubo un crecimiento paulatino durante la semana; sin embargo, el flujo vehicular mayor se presentó durante el jueves y viernes.

**Tabla 20 Distribución vehicular para la Ruta de Travesía N°11513  
Sección de control 19529 / 19783**

Día / Tipo	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2-Bus	T3-S2	Livianos	Total
Lunes	2 044	301	109	58	6	3	2 239	4 760
Martes	2 867	493	192	29	3	0	2 892	6 477
Miércoles	3 463	445	189	0	13	3	3 937	8 049
Jueves	3 687	509	144	0	0	13	4 257	8 610
Viernes	3 648	404	170	0	0	0	4 036	8 258
<b>Total</b>	<b>15 708</b>	<b>2 152</b>	<b>804</b>	<b>86</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>17 361</b>	<b>36 153</b>

*Fuente: Propia, 2018*

Para este caso, como se muestra en la Figura 17, los vehículos livianos representan un 49.44%, seguido de los Pick-Up con un 42.82%, el Eje simple con un 5.92% y, por último, el Eje dual trasero, Eje tándem trasero, Bus y T3-S2 en conjunto representan un 1.82%.



**Figura 17 Aforo vehicular del jueves para Ruta de Travesía N°11513**

*Fuente: Propia, 2018*

## 4.2. Ejes Equivalentes (ESAL'S)

Para la estimación de los Ejes Equivalentes se consideraron periodos de diseño de 5, 10, 15 y 20 años, tomando como base el año 2018 que es el año de construcción de estas carreteras. Dado que para estas rutas no se cuenta con información de los índices de crecimiento o decrecimiento anual del tráfico para cada tipo de vehículo, se decide tomar los siguientes índices con base en el documento “Anuario de Información de Tránsito 2017” para cada una, de acuerdo con la estación más cercana a los sitios de estudio:

- Ruta de Travesía N°11402: 1.38% de la Ruta Nacional N°102 SC 19022, estación 152.
- Ruta de Travesía N°11506: 1.28% de la Ruta Nacional N°218 SC 19065, estación 164.
- Ruta de Travesía N°11513: 0.67% de la Ruta Nacional N°202 SC 19043, Estación 171.

Cabe destacar que se asume un índice de crecimiento, pues uno de los objetivos que tiene el Gobierno con este proyecto es precisamente descongestionar el GAM por medio de estas intervenciones en estudio, para que funcionen como rutas alternas.

En la Tabla 21, la Tabla 22 y la Tabla 23 se muestran los resultados para cada año de estudio respectivamente.

**Tabla 21 Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11402**

Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S
5	512 079.
10	1 137 501.
15	1 901 354.
20	2 834 277.

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 22 Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11506**

Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S
5	382 549.

Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S
10	790 215.
15	1 224 649.
20	1 687 607.

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 23 Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11513**

Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S
5	229 087.
10	465 953.
15	710 860.
20	964 083.

*Fuente: Propia, 2018*

Es importante mencionar que los ESAL'S iniciales que se utilizaron en el diseño disminuyeron al menos un 84%, comparando con el ESAL'S real de cada ruta. En la Tabla 24, Tabla 25 y Tabla 26 se comparan los ESAL'S de diseño con los reales.

**Tabla 24 Comparación de Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11402**

ESAL'S de Diseño		ESAL'S Real	
Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S	Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S
5	3,187,732	5	512 079.
10	6,564,691	10	1 137 501.

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 25 Comparación de Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11506**

ESAL'S de Diseño		ESAL'S Real	
Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S	Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S
5	1,364,138	5	382 549.
10	2,774,592	10	790 215.

*Fuente: Propia, 2018*



**Tabla 26 Comparación de Ejes Equivalentes para la Ruta de Travesía N°11513**  
 ESAL'S de Diseño    ESAL'S Real

Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S	Periodo de Análisis (Años)	ESAL'S
5	1,364,138	5	229 087.
10	2,774,592	10	465 953.

*Fuente: Propia, 2018*

### 4.3. Índice de Regularidad Internacional (IRI)

La medición del perfil longitudinal para el cálculo del IRI de cada ruta se evaluó mediante medias fijas, considerando el promedio de diez tramos consecutivos en sectores homogéneos del pavimento; por lo que se presentan los resultados en tramos de 100 metros.

**Tabla 27 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11402**  
**Sentido: Guadalupe - Moravia**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	5.6
0+100	0+200		5.5
0+200	0+300		5.2
0+300	0+400		5.3
0+400	0+500		5.2
0+500	0+600		3.7
0+600	0+700		5.0
0+700	0+800		4.4
0+800	0+900		4.4
0+900	1+000		3.3
1+000	1+100		3.2
1+100	1+200		3.2
1+200	1+300	Final Intersección Ruta Nacional N°102	3.1
		<b>Promedio</b>	<b>4.4</b>

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 28 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11402**

**Sentido: Moravia - Guadalupe**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	Final Intersección Ruta Nacional N°102	3.2
0+100	0+200		3.1
0+200	0+300		4.0
0+300	0+400		4.7
0+400	0+500		4.3
0+500	0+600		4.8
0+600	0+700		4.3
0+700	0+800		4.6
0+800	0+900		5.0
0+900	1+000		6.0
1+000	1+100		5.8
1+100	1+200		6.7
1+200	1+300	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	6.1
<b>Promedio</b>			<b>4.8</b>

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 29 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506  
Sentido: Guadalupe- Sabanilla**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	4.1
0+100	0+200		3.0
0+200	0+300		3.2
0+300	0+400	Puente (0+339 - 0+366)	3.6
0+400	0+500	Influencia (0+366 - 0+406)	3.6
0+500	0+600		3.6
0+600	0+700		4.0
0+700	0+800		3.1
0+800	0+900		3.2
0+900	1+000	Reductor (0+964 - 0+968)	7.4
1+000	1+100	Influencia (0+968 - 1+008)	4.1

**Sentido: Guadalupe- Sabanilla**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
1+100	1+200		2.7
1+200	1+300	Reductor (1+224 - 1+228) Influencia (1+228 - 1+268)	5.4
1+300	1+351	Final Intersección Ruta Nacional N°202	3.8
<b>Promedio</b>			<b>3.4</b>

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 30 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506  
Sentido: Guadalupe- Sabanilla (Carril izquierdo)**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	3.2
0+100	0+175	Final una sola vía	3
<b>Promedio</b>			<b>3.1</b>

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 31 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506  
Sentido: Sabanilla - Guadalupe**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	Final Intersección Ruta Nacional N°202	2.9
0+100	0+200	Reductor (0+121- 0+125) Influencia (0+125 - 0+165)	5.3
0+200	0+300	No hay carpeta	5
<b>Promedio</b>			<b>2.9</b>

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 32 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11506  
Sentido: Sabanilla - Guadalupe**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+300	0+400	Reductor (0+383 - 0+387)	9.2

**Sentido: Sabanilla - Guadalupe**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+400	0+500	Influencia (0+387 - 0+427)	5.5
0+500	0+600		3
0+600	0+700		3.2
0+700	0+800		2.8
0+800	0+900		3.1
0+900	1+000	Puente (0+981 - 1+008)	3.8
1+000	1+100	Influencia (1+008 - 1+048)	5.2
1+100	1+160	Intersección sin vía	3.2
<b>Promedio</b>			<b>3.1</b>

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 33 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11513  
Sentido: Alma Máter - Sabanilla**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	Urbanización Alma Máter	3.4
0+100	0+200	Reductor (0+186 - 0+189) Influencia (0+189 - 0+229)	4.5
0+200	0+300	Reductor (0+274 - 0+278)	4.3
0+300	0+400	Influencia (0+278 - 0+318)	2.7
0+400	0+500		2.9
0+500	0+600		3.8
0+600	0+700		4.0
0+700	0+770	Inicio Intersección Ruta Nacional N°202	-
<b>Promedio</b>			<b>3.5</b>

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 34 Cálculo de IRI, Ruta de Travesía N°11513  
Sentido Sabanilla – Alma Máter**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°202, No hay Carpeta	-

### Sentido Sabanilla – Alma Máter

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio (m/km)
0+110	0+200		3.1
0+200	0+300		4.4
0+300	0+400		2.5
0+400	0+500	Reductor (0+493 - 0+497) Influencia (0+497 - 0+537)	4.4
0+500	0+600	Reductor (0+583 - 0+586)	5.3
0+600	0+700	Influencia (0+586 - 0+626)	2.9
0+700	0+770	Urbanización Alma Máter	3.1
<b>Promedio</b>			<b>3.3</b>

*Fuente: Propia, 2018*

Con los parámetros de clasificación establecidos en el Capítulo anterior, se procede a realizar una comparación de la medición del IRI inicial y final, con el fin de identificar cuáles tramos cumplen con lo establecido en el Cartel de Licitación y cuál es el valor del IRI promedio de cada ruta intervenida.

En la Tabla 35 y Tabla 36 se detallan los valores de IRI iniciales y finales correspondientes a la Ruta de Travesía N°11402.

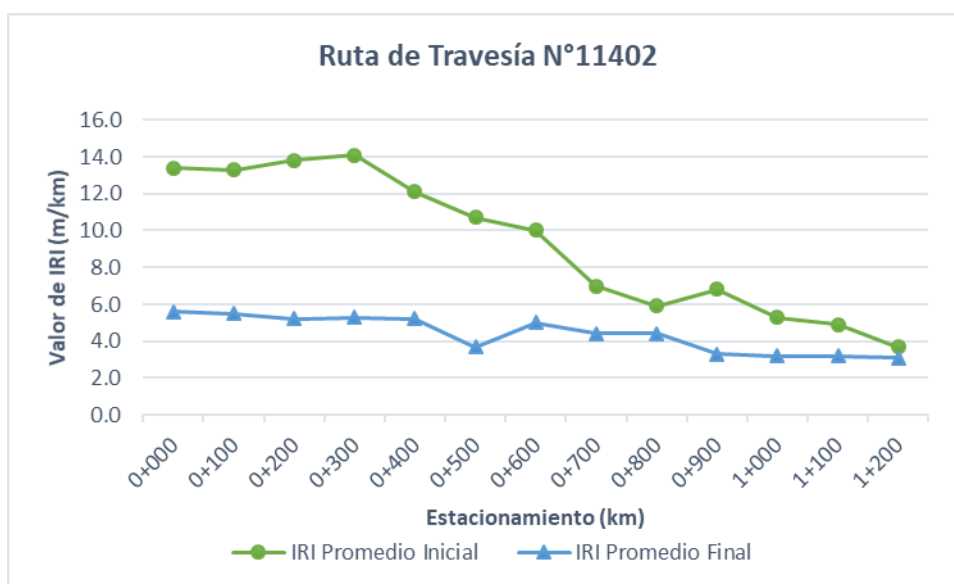
**Tabla 35 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11402  
Sentido: Guadalupe - Moravia**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	13.4	5.6	No Cumple
0+100	0+200		13.3	5.5	No Cumple
0+200	0+300		13.8	5.2	No Cumple
0+300	0+400		14.1	5.3	No Cumple
0+400	0+500		12.1	5.2	No Cumple
0+500	0+600		10.7	3.7	Cumple
0+600	0+700		10.0	5.0	No Cumple
0+700	0+800		7.0	4.4	No Cumple

**Sentido: Guadalupe - Moravia**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+800	0+900		5.9	4.4	No Cumple
0+900	1+000		6.8	3.3	Cumple
1+000	1+100		5.3	3.2	Cumple
1+100	1+200		4.9	3.2	Cumple
1+200	1+300	Final Intersección Ruta Nacional N°102	3.7	3.1	Cumple
<b>Promedio</b>			<b>9.3</b>	<b>4.4</b>	

Fuente: Propia, 2018



**Figura 18 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11402  
Sentido: Guadalupe - Moravia**

Fuente: Propia, 2018

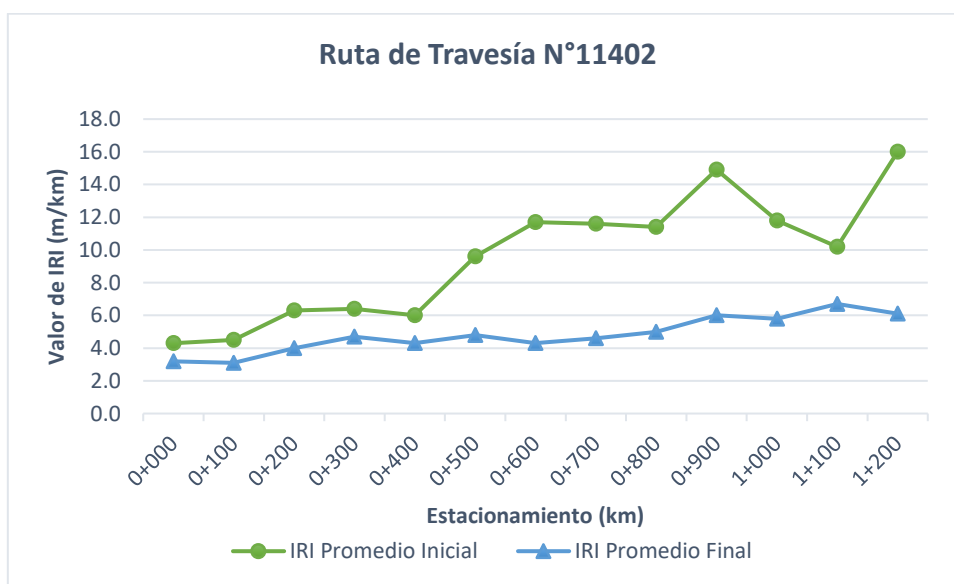
**Tabla 36 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11402  
Sentido: Moravia - Guadalupe**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+000	0+100	Final Intersección Ruta Nacional N°102	4.3	3.2	Cumple

### Sentido: Moravia - Guadalupe

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+100	0+200		4.5	3.1	Cumple
0+200	0+300		6.3	4.0	No Cumple
0+300	0+400		6.4	4.7	No Cumple
0+400	0+500		6.0	4.3	No Cumple
0+500	0+600		9.6	4.8	Cumple
0+600	0+700		11.7	4.3	Cumple
0+700	0+800		11.6	4.6	Cumple
0+800	0+900		11.4	5.0	No Cumple
0+900	1+000		14.9	6.0	No Cumple
1+000	1+100		11.8	5.8	No Cumple
1+100	1+200		10.2	6.7	No Cumple
1+200	1+300	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	16.0	6.1	No Cumple
<b>Promedio</b>			<b>9.6</b>	<b>4.8</b>	

Fuente: Propia, 2018



**Figura 19 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11402  
Sentido: Moravia - Guadalupe**

Fuente: Propia, 2018

La Ruta de Travesía N°11402 tiene un valor de IRI final promedio de 4.6m/km, el cual disminuyó con respecto a su valor inicial, como se puede observar en la Figura 18 y Figura 19, ya que antes de la intervención tenía un valor promedio de 9.5m/km; sin embargo, de los 26 tramos evaluados, 16 de ellos no cumplen con el valor de IRI final. De acuerdo con el informe de la RVN 2016-2017 esta ruta en estudio tiene una regularidad superficial deficiente.

En esta ruta en especial, los valores finales de IRI en donde los tramos no cumplieron están influenciados directamente porque los radios de radios de giro no cumplen, la velocidad de tránsito es mayor a la que está en capacidad la ruta, la estructura del pavimento no se encuentra en buen estado y en el proceso constructivo las juntas longitudinales y transversales no son las adecuadas.

Para la Ruta de Travesía N°11506, en la Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40 se obtienen los siguientes datos de IRI inicial y final.

**Tabla 37 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506  
Sentido: Guadalupe - Sabanilla**

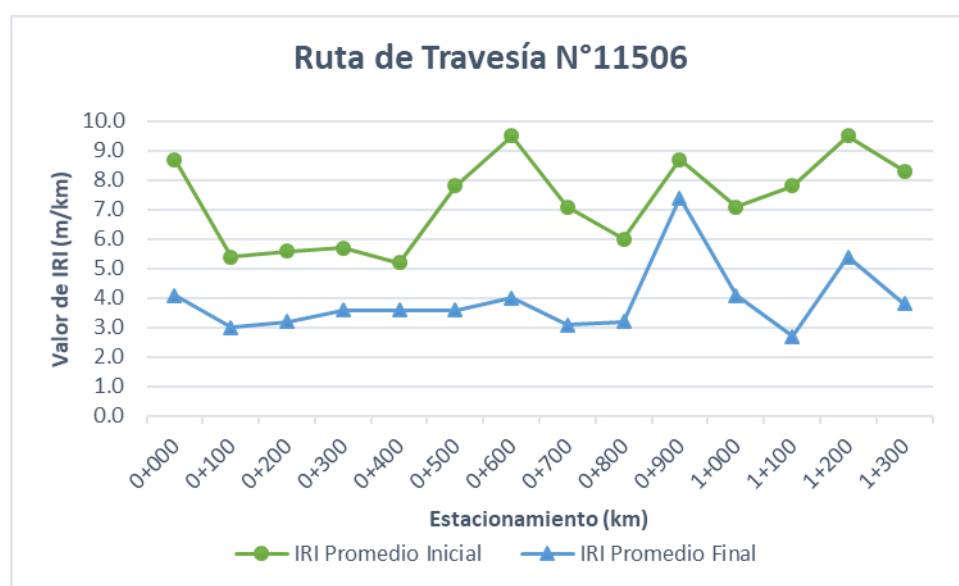
Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI	IRI	Cumplimiento
			Promedio (m/km) Inicial	Promedio (m/km) Final	
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	8.7	4.1	Cumple
0+100	0+200		5.4	3.0	Cumple
0+200	0+300		5.6	3.2	Cumple
0+300	0+400	Puente (0+339 - 0+366)	5.7	3.6	N.A.
0+400	0+500	Influencia (0+366 - 0+406)	5.2	3.6	N.A.
0+500	0+600		7.8	3.6	Cumple
0+600	0+700		9.5	4.0	Cumple
0+700	0+800		7.1	3.1	Cumple
0+800	0+900		6.0	3.2	Cumple
0+900	1+000	Reductor (0+964 - 0+968)	8.7	7.4	N.A.
1+000	1+100	Influencia (0+968 - 1+008)	7.1	4.1	N.A.
1+100	1+200		7.8	2.7	Cumple



**Sentido: Guadalupe - Sabanilla**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
1+200	1+300	Reductor (1+224 - 1+228) Influencia (1+228 - 1+268)	9.5	5.4	N.A.
1+300	1+351	Final Intersección Ruta Nacional N°202	8.3	3.8	Cumple
<b>Promedio</b>			<b>7.4</b>	<b>3.4</b>	

Fuente: Propia, 2018



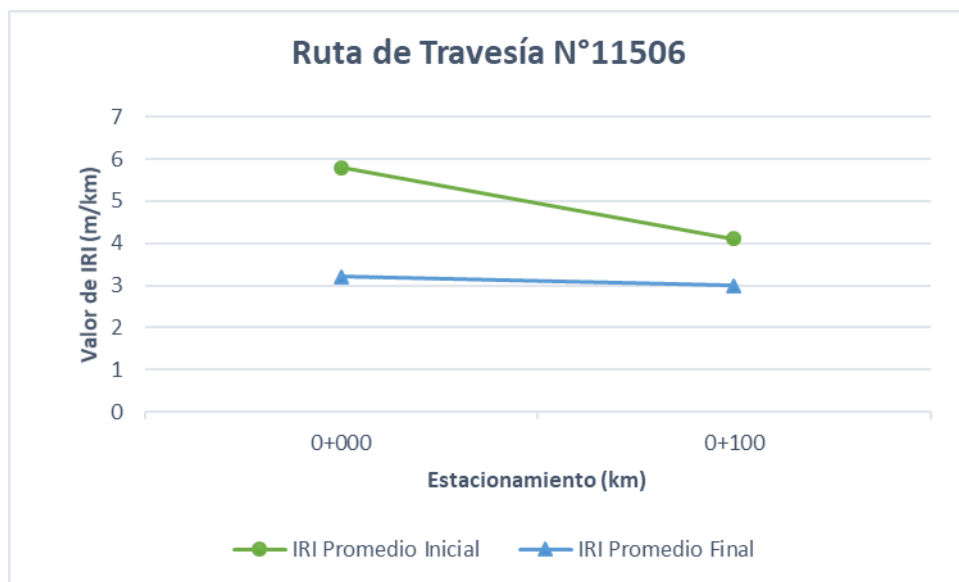
**Figura 20 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11506**  
**Sentido: Guadalupe - Sabanilla**

Fuente: Propia, 2018

**Tabla 38 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506**  
**Sentido: Guadalupe - Sabanilla (Carril Izquierdo)**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°218	5.8	3.2	Cumple
0+100	0+175	Final una sola vía	4.1	3	Cumple
<b>Promedio</b>			<b>5.0</b>	<b>3.1</b>	

Fuente: Propia, 2018

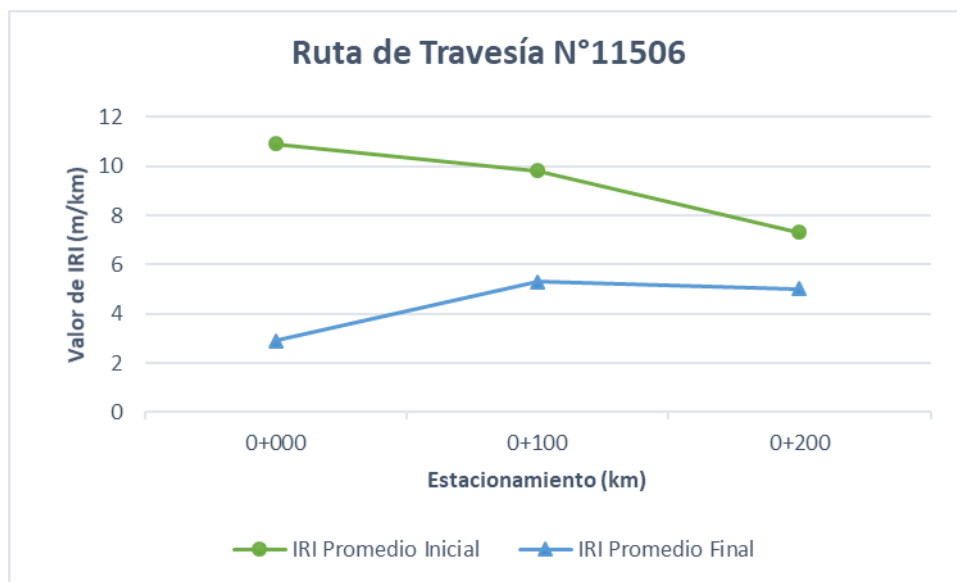


**Figura 21 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11506**  
**Sentido: Guadalupe - Sabanilla (Carril Izquierdo)**  
*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 39 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506**  
**Sentido: Sabanilla - Guadalupe**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+000	0+100	Final Intersección Ruta Nacional N°202	10.9	2.9	Cumple
0+100	0+200	Reductor (0+121- 0+125) Influencia (0+125 - 0+165)	9.8	5.3	N.A.
0+200	0+300	No hay carpeta	7.3	5	N.A.
<b>Promedio</b>			<b>10.9</b>	<b>2.9</b>	

*Fuente: Propia, 2018*

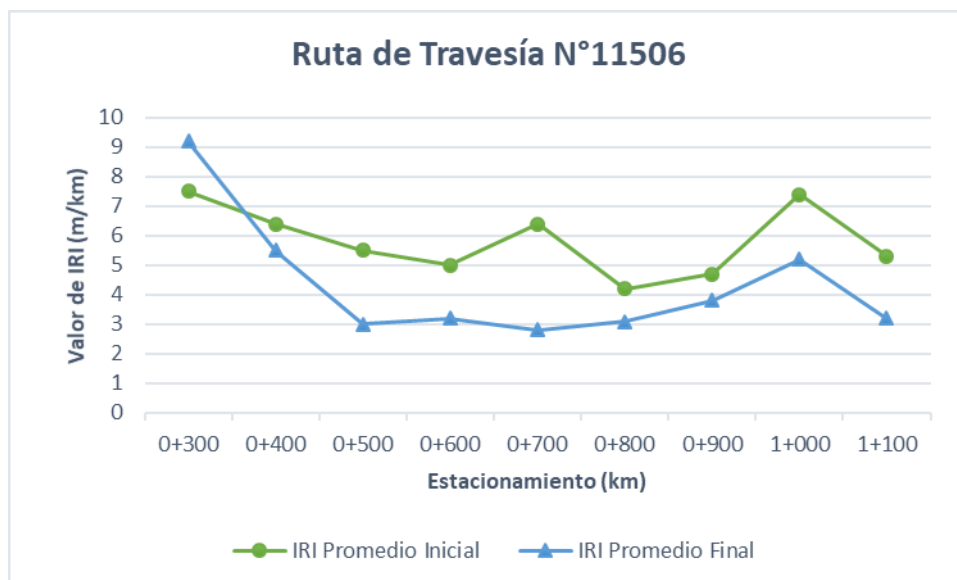


**Figura 22 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11506**  
**Sentido: Sabanilla - Guadalupe**  
*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 40 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11506**  
**Sentido: Sabanilla - Guadalupe**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+300	0+400	Reductor (0+383 - 0+387)	7.5	9.2	N.A.
0+400	0+500	Influencia (0+387 - 0+427)	6.4	5.5	N.A.
0+500	0+600		5.5	3	Cumple
0+600	0+700		5	3.2	Cumple
0+700	0+800		6.4	2.8	Cumple
0+800	0+900		4.2	3.1	Cumple
0+900	1+000	Puente (0+981 - 1+008)	4.7	3.8	N.A.
1+000	1+100	Influencia (1+008 - 1+048)	7.4	5.2	N.A.
1+100	1+160	Intersección sin vía	5.3	3.2	Cumple
<b>Promedio</b>			<b>5.3</b>	<b>3.1</b>	

*Fuente: Propia, 2018*



**Figura 23 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11506**  
**Sentido: Sabanilla - Guadalupe**  
 Fuente: Propia, 2018

De acuerdo con los datos en las tablas anteriores se tiene un valor de IRI final promedio de 3.1m/km, mismo que disminuyó en relación con el valor promedio de IRI inicial, el cual era de 7.2m/km, como puede observarse en la Figura 20, Figura 21, Figura 22 y Figura 23. Es importante mencionar que, de los 28 tramos analizados, 11 no aplican, ya que son singularidades y los 17 tramos restantes cumplen en su totalidad con lo estipulado en el Cartel de Licitación que rige para este proyecto. Según el informe de la RVN 2016-2017, esta ruta en estudio por su valor de IRI promedio final se clasifica dentro de una regularidad superficial regular.

Por último, se tiene la Ruta de Travesía N°11513, con el valor promedio de IRI inicial y final, como se muestra en la Tabla 41 y Tabla 42.

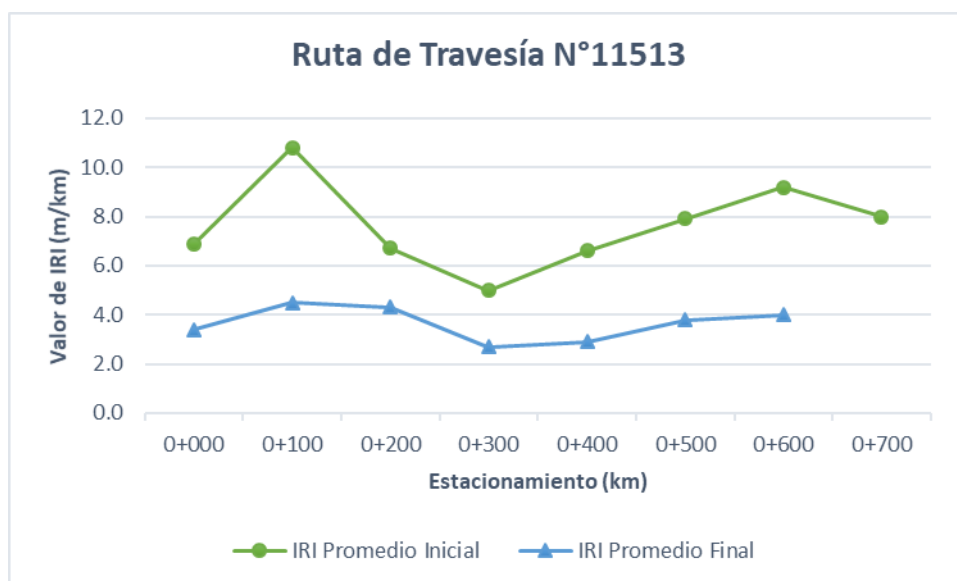
**Tabla 41 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11513**  
**Sentido: Alma Máter - Sabanilla**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+000	0+100	Urbanización Alma Máter	6.9	3.4	Cumple

**Sentido: Alma Máter - Sabanilla**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI Promedio	IRI Promedio	Cumplimiento
			(m/km) Inicial	(m/km) Final	
0+100	0+200	Reductor (0+186 - 0+189) Influencia (0+189 - 0+229)	10.8	4.5	N.A.
0+200	0+300	Reductor (0+274 - 0+278)	6.7	4.3	N.A.
0+300	0+400	Influencia (0+278 - 0+318)	5.0	2.7	N.A.
0+400	0+500		6.6	2.9	Cumple
0+500	0+600		7.9	3.8	Cumple
0+600	0+700		9.2	4.0	Cumple
0+700	0+770	Inicio Intersección Ruta Nacional N°202	8.0	-	N.A.
<b>Promedio</b>			<b>7.7</b>	<b>3.5</b>	

*Fuente: Propia, 2018*



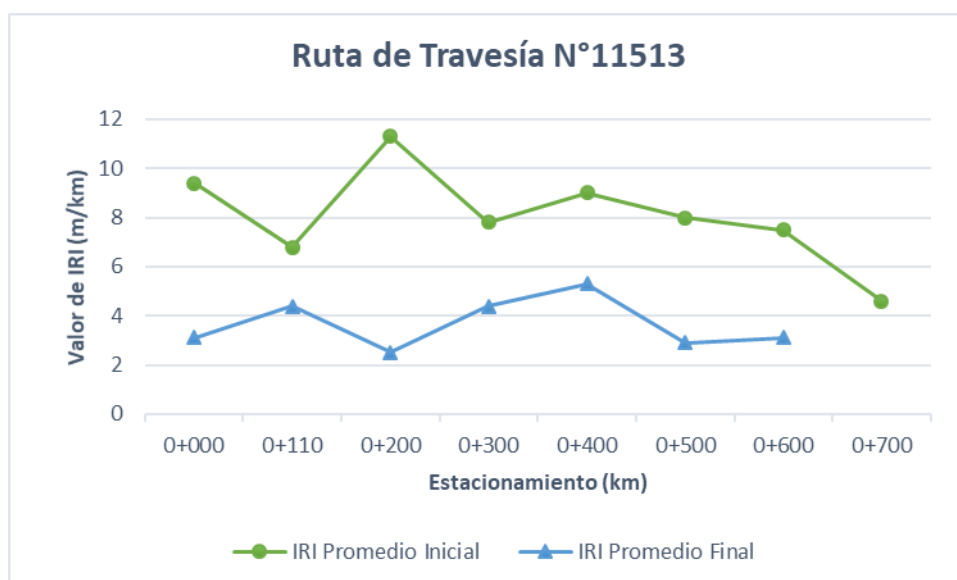
**Figura 24 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11513  
Sentido: Alma Máter - Sabanilla**

*Fuente: Propia, 2018*

**Tabla 42 Comparación de IRI, Ruta de Travesía N°11513  
Sentido: Sabanilla - Alma Máter**

Estación inicial	Estación final	Observaciones	IRI	IRI	Cumplimiento
			Promedio (m/km) Inicial	Promedio (m/km) Final	
0+000	0+100	Inicio Intersección Ruta Nacional N°202, No hay Carpeta	9.4		N.A.
0+110	0+200		6.8	3.1	Cumple
0+200	0+300		11.3	4.4	Cumple
0+300	0+400		7.8	2.5	Cumple
0+400	0+500	Reductor (0+493 - 0+497) Influencia (0+497 - 0+537)	9	4.4	N.A.
0+500	0+600	Reductor (0+583 - 0+586)	8	5.3	N.A.
0+600	0+700	Influencia (0+586 - 0+626)	7.5	2.9	N.A.
0+700	0+770	Urbanización Alma Máter	4.6	3.1	Cumple
<b>Promedio</b>			<b>7.6</b>	<b>3.3</b>	

Fuente: Propia, 2018



**Figura 25 Comparación de IRI Inicial y final, Ruta de Travesía N°11513  
Sentido: Sabanilla - Alma Máter**

Fuente: Propia, 2018

Para esta Ruta se tenía un valor de IRI promedio Inicial de 7.7m/km, el cual se disminuyó a 3.4m/km, como se observa en la Figura 24 y Figura 25. Cabe

destacar que, de los 16 tramos evaluados, 8 eran singularidades y los otros 8 tramos cumplieron con la normativa.

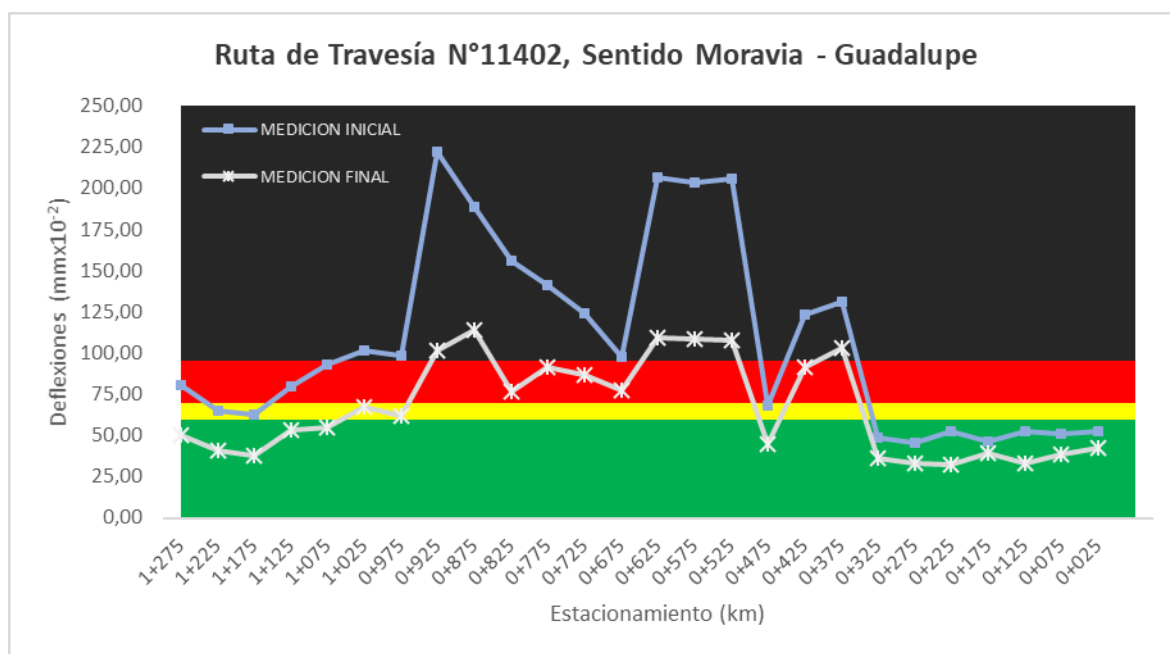
Según el informe de la RVN 2016-2017, esta ruta en estudio, por su valor de IRI promedio final, se clasifica dentro de una regularidad superficial regular.

#### 4.4. Deflectometrías por Impacto (FWD)

##### 4.4.1. Comparación de Deflectometrías para la Ruta de Travesía

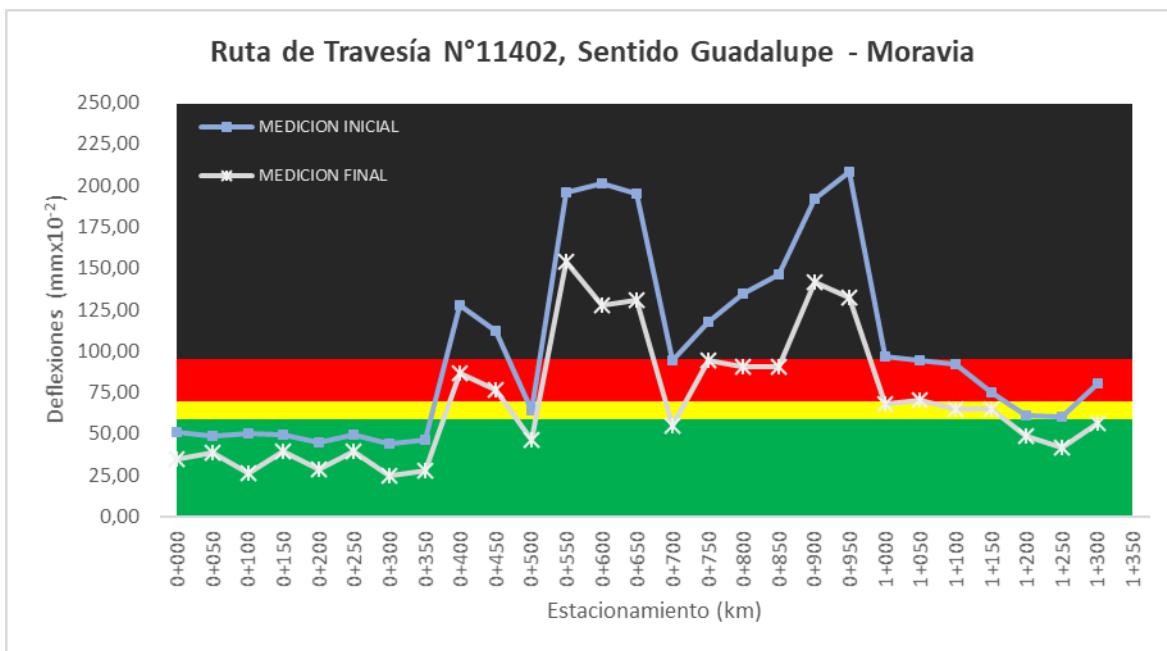
##### N°11402

En la Figura 26 y Figura 27 se muestran los resultados de las deflexiones a cada 50 metros a lo largo de toda la Ruta. Para este caso todos los valores finales de las deflexiones en ambos carriles disminuyeron entre un 30% y un 35%.



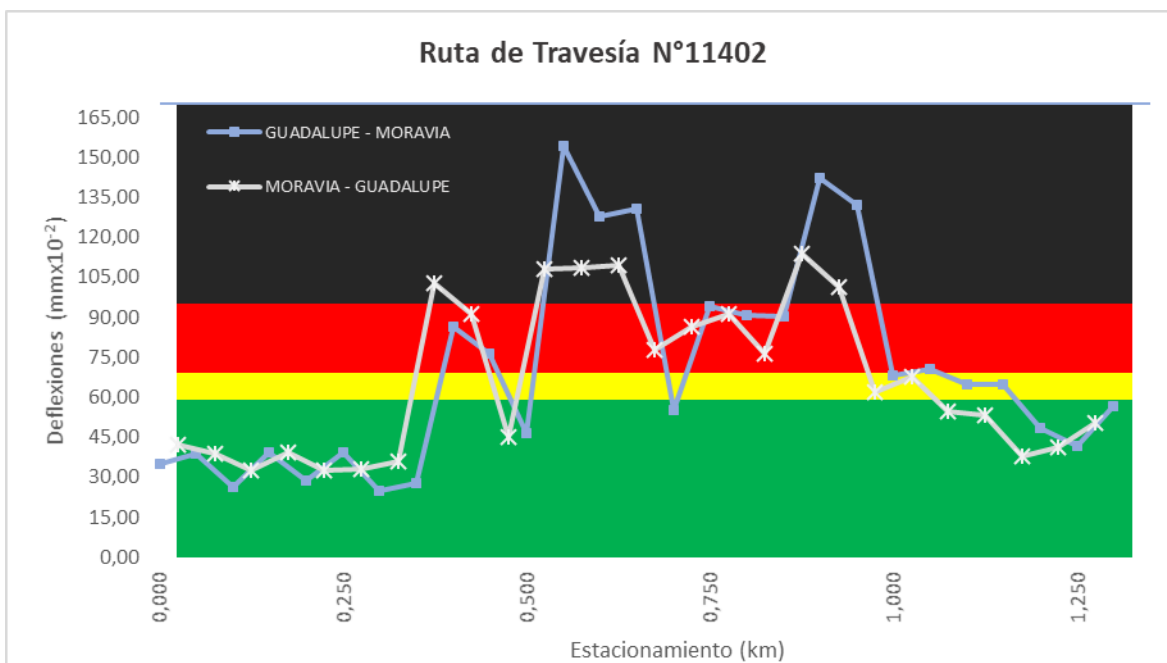
**Figura 26 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11402**

Fuente: Propia, 2018



**Figura 27 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11402**  
Fuente: Propia, 2018

Para el análisis del valor de las deflexiones finales puede observarse la Figura 28, en la cual el 49% se encuentra en el rango de deflexiones bajas y el 51% de intermedias a muy altas, con un valor promedio de 95.96mm x 10<sup>-2</sup>.



**Figura 28 Deflectometría final en ambos sentidos, Ruta de Travesía N°11402**  
Fuente: Propia, 2018



Con los resultados obtenidos anteriormente, tanto de IRI, TPD como deflexiones, la Ruta de Travesía N°11402, con base en los criterios del Informe de la RVN 2016-2017, tiene una Nota Q final de R-3 (Ver Figura 29), la cual sugiere la reconstrucción total del pavimento existente. Sin embargo, del estacionamiento 0+000 al 0+350 se presentaron deflexiones bajas, ya que esta zona cuenta con una base estabilizada con cemento hidráulico.

Rangos de TPD		Límites de los valores de deflexión ( $10^{-2}$ mm)			
0 - 5000	←	76.5	88.5	115.7	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
50000 - 15000	←	70.8	83.3	112.9	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
15000 - 40000	←	59.2	69.4	95.2	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
Casos especiales	←	48.5	57.6	80.8	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS

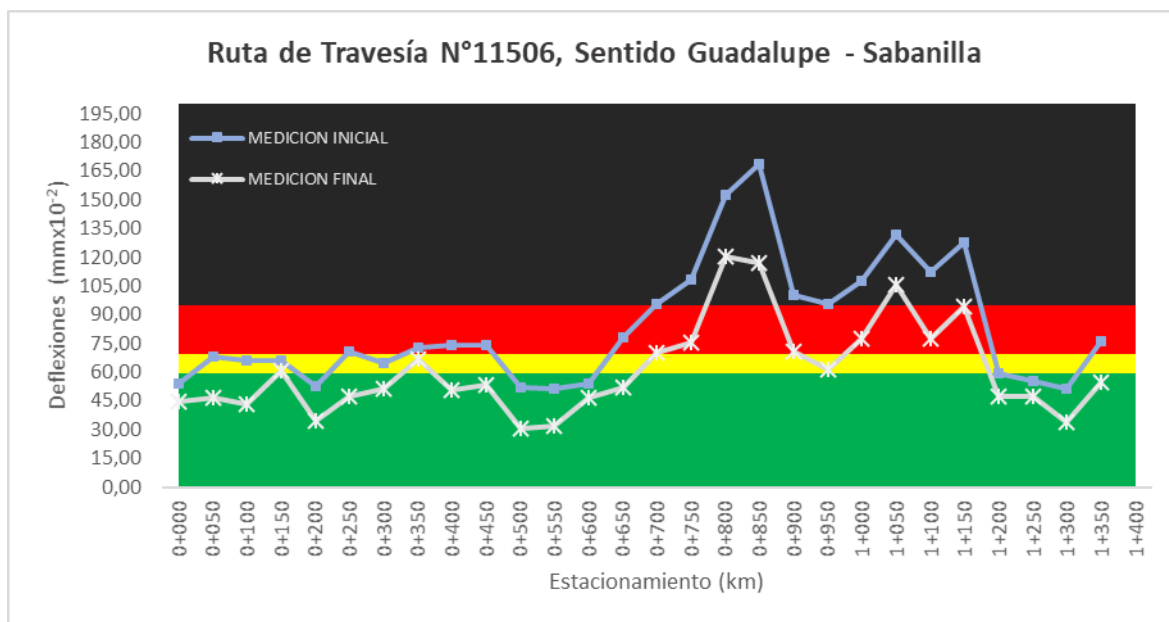
Indicador Estructural		CATEGORÍAS DE FWD				
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS	
Indicador Funcional		↓	↓	↓	↓	
Rangos de IRI (m/Km)	< 1.9 (Bueno)	→	Q1	Q3	Q6	R-1
	1.9 - 3.6 (Regular)	→	Q2	Q5	Q8	R-2
	3.6 - 6.4 (Malo)	→	Q4	Q7	Q9	R-3
	>6.4 (Malo)	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP

**Figura 29 Nota Q para Ruta de Travesía N°11402**

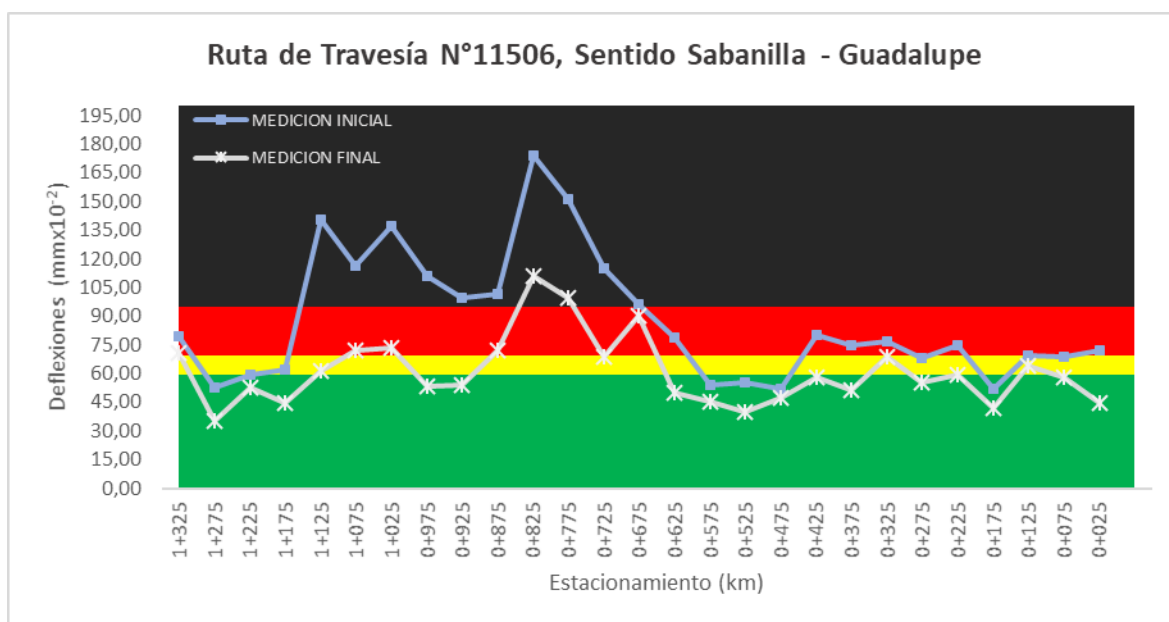
Fuente: Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2016-2017, 2018

#### 4.4.2. Comparación de Deflectometrías para la Ruta de Travesía N°11506

En la Figura 30 y Figura 31 se muestran los resultados de las deflexiones cada 50 metros a lo largo de la Ruta, en ambos sentidos. Para este caso, todos los valores finales de las deflexiones en ambos carriles disminuyeron entre un 27% y un 29%.

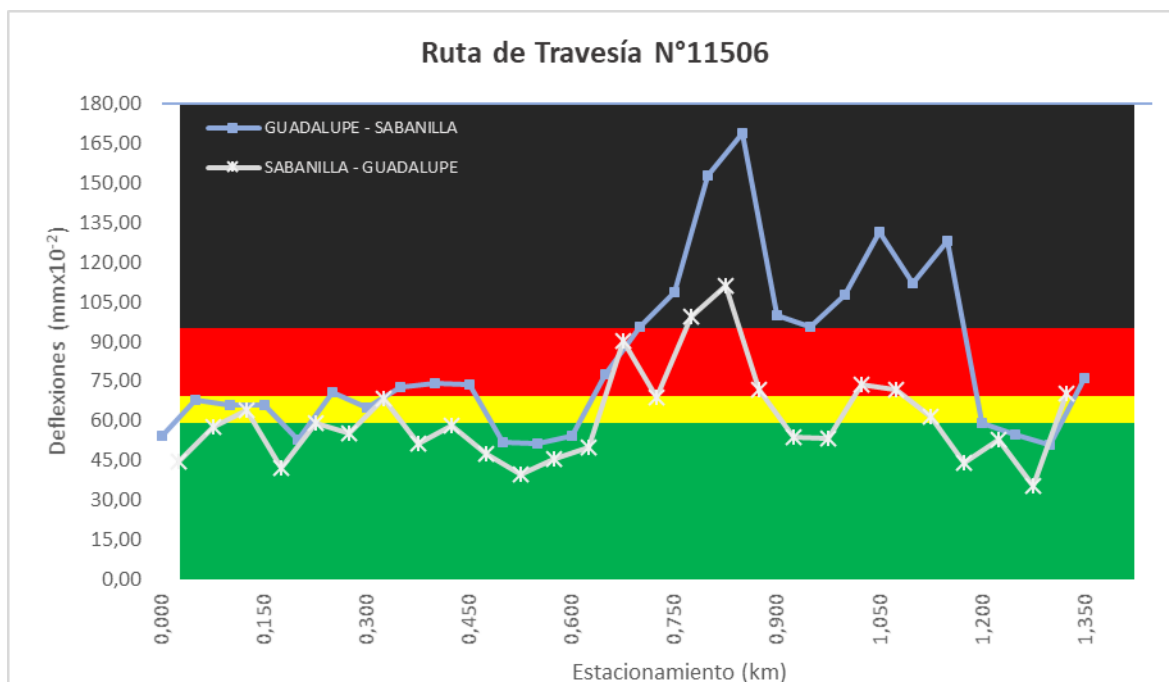


**Figura 30 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11506**  
Fuente: Propia, 2018



**Figura 31 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11506**  
Fuente: Propia, 2018

Para el análisis del valor de las deflexiones finales, puede observarse la Figura 32, en la cual el 40% se encuentra en el rango de deflexiones bajas y el 60% de intermedias a muy altas, con un valor promedio de  $87.38 \times 10^{-2} \text{mm}$ .



**Figura 32 Deflectometría final en ambos sentidos, Ruta de Travesía N°11506**  
Fuente: Propia, 2018

Con los resultados obtenidos anteriormente, tanto de IRI, TPD como deflexiones, la Ruta de Travesía N°11506, con base en los criterios del Informe de la RVN 2016-2017, tiene una Nota Q final de Q-8 (Ver Figura 33), la cual sugiere una rehabilitación mayor, donde se realicen labores de sustitución o estabilización de la base, junto con una nueva capa asfáltica cuyo espesor provea el aporte estructural requerido.

Rangos de TPD		Límites de los valores de deflexión ( $10^{-2}$ mm)			
0 - 5000	←	76.5	88.5	115.7	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
50000 - 15000	←	70.8	83.3	112.9	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
15000 - 40000	←	59.2	69.4	95.2	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
Casos especiales	←	48.5	57.6	80.8	→
		BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS

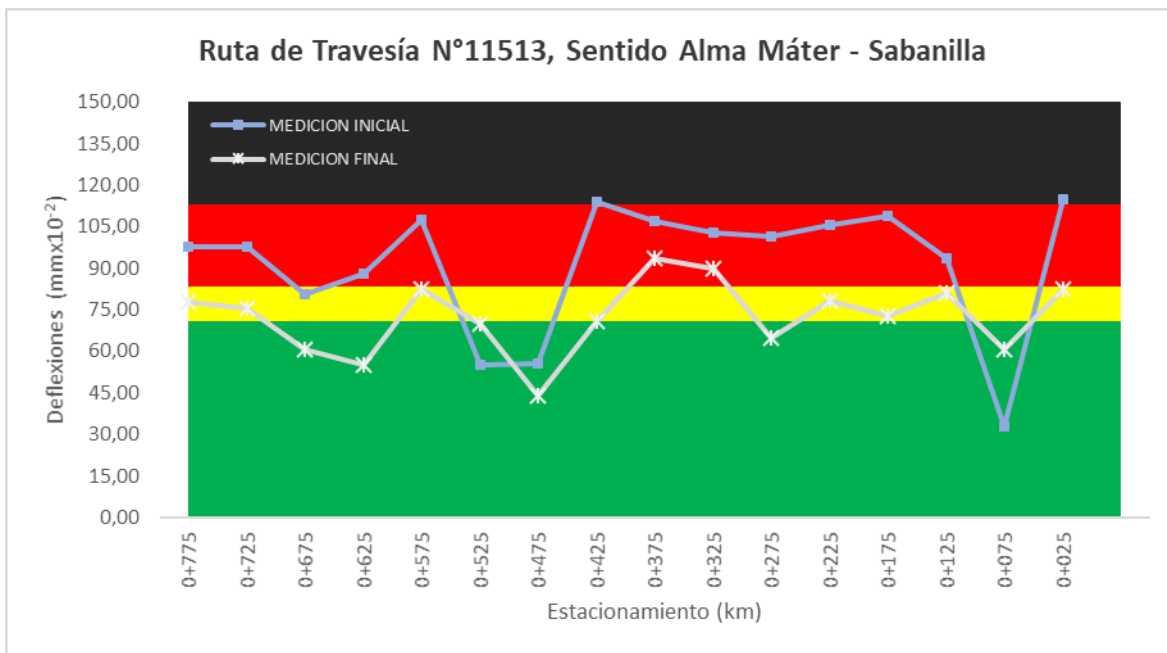
Indicador Estructural			CATEGORÍAS DE FWD			
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
Indicador Funcional			↓	↓	↓	↓
Rangos de IRI (m/Km)	< 1.9 (Bueno)	→	Q1	Q3	Q6	R-1
	1.9 - 3.6 (Regular)	→	Q2	Q5	Q8	R-2
	3.6 - 6.4 (Malo)	→	Q4	Q7	Q9	R-3
	>6.4 (Malo)	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP

**Figura 33 Nota Q para Ruta de Travesía N°11506**

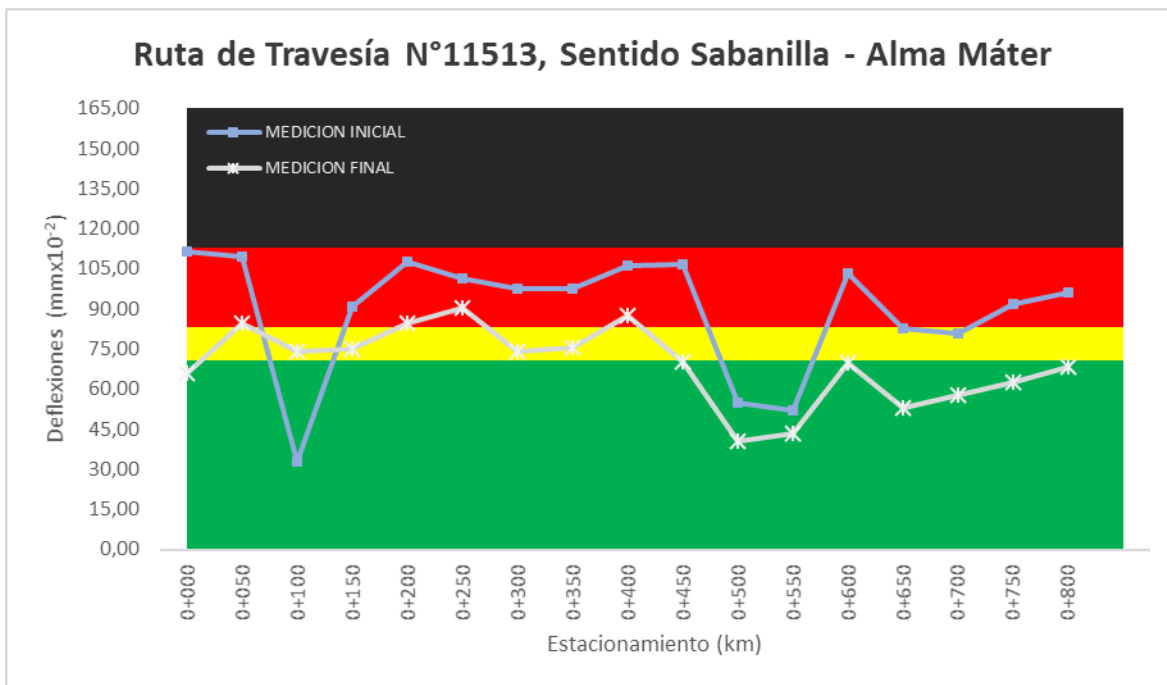
Fuente: Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2016-2017, 2018

#### 4.4.1. Comparación de Deflectometrías para la Ruta de Travesía N°11513

En la Figura 34 y Figura 35 se muestran los resultados de las deflexiones cada 50 metros a lo largo de la Ruta, en ambos sentidos. A lo largo de la ruta se encontró que en tres puntos específicos las deflexiones aumentaron su valor final, esto porque en el momento de la intervención una alcantarilla del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) colapsó, debido a que no soportó las cargas de las vibraciones de los equipos que se utilizan para las labores. Es importante mencionar que dicha alcantarilla estaba construida con ladrillos, lo que refleja que no hay capacidad de soporte y caducó su vida útil. Excluyendo estos tres puntos, los valores finales de las deflexiones en ambos carriles disminuyeron entre un 24% y un 26%.

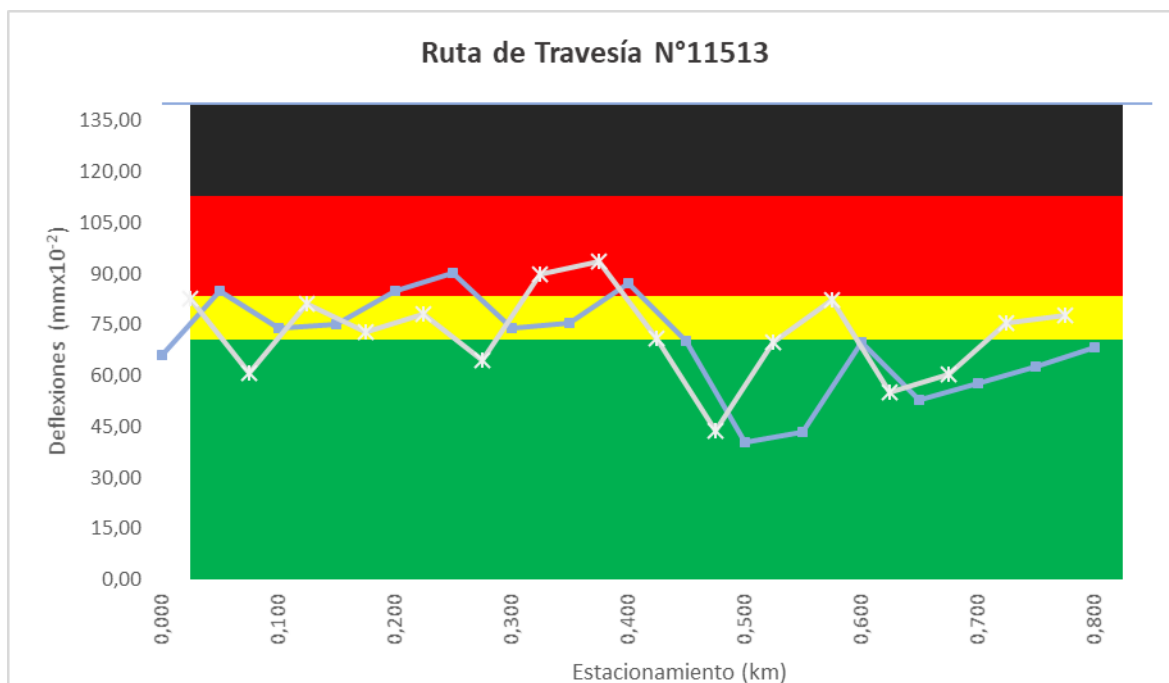


**Figura 34 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11513**  
Fuente: Propia, 2018



**Figura 35 Resultados de deflectometría inicial y final, Ruta de Travesía N°11513**  
Fuente: Propia, 2018

Para el análisis del valor de las deflexiones finales, puede observarse la Figura 36, en la cual el 45% se encuentra en el rango de deflexiones bajas y el 55% de intermedias a muy altas, con un valor promedio de  $80.58 \times 10^{-2} \text{mm}$ .



**Figura 36 Deflectometría final en ambos sentidos, Ruta de Travesía N°11513**  
Fuente: Propia, 2018

Con base en los resultados obtenidos anteriormente, tanto de IRI, TPD como deflexiones, la Ruta de Travesía N°11513, de acuerdo con los criterios del Informe de la RVN 2016-2017, tiene una Nota Q final de Q-5 (Ver Figura 37), lo cual sugiere un análisis más detallado a nivel de proyecto, por encontrarse en una condición de capacidad estructural y funcional intermedia.

Rangos de TPD		Límites de los valores de deflexión ( $10^{-2}$ mm)				
0 - 5000		←	76.5	88.5	115.7	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
50000 - 15000		←	70.8	83.3	112.9	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
15000 - 40000		←	59.2	69.4	95.2	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
Casos especiales		←	48.5	57.6	80.8	→
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS

Indicador Estructural			CATEGORÍAS DE FWD			
			BAJAS	MODERADAS	ALTAS	MUY ALTAS
Indicador Funcional			↓	↓	↓	↓
Rangos de IRI (m/Km)	< 1.9 (Bueno)	→	Q1	Q3	Q6	R-1
	1.9 - 3.6 (Regular)	→	Q2	Q5	Q8	R-2
	3.6 - 6.4 (Malo)	→	Q4	Q7	Q9	R-3
	>6.4 (Malo)	→	M-RF	RH-RF	R-3	NP

**Figura 37 Nota Q para Ruta de Travesía N°11513**

Fuente: Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2016-2017, 2018

#### 4.1. Vida útil teórica

Con base en la sección de estimación de vida útil, los datos obtenidos se detallan en la Tabla 43.

**Tabla 43 Vida útil teórica para Rutas de Travesía**

Ruta de Travesía	Vida útil Teórica
N°11402	3.2 años
N°11506	8 meses
N°11513	5 meses

Fuente: Propia, 2018

Si bien hay un aumento en la vida útil teórica del diseño, comparada con la vida útil teórica con datos reales para cada ruta, como se observa en la Tabla

44, ninguna de las 3 zonas de estudio alcanza los periodos de diseño de 5, 10, 15 y 20 años recomendados.

**Tabla 44 Comparación de Vida útil para Rutas de Travesía**

Ruta de Travesía	Vida Útil (Diseño)	Vida Útil Teórica
N°11402	1.2 meses	3.2 Años
N°11506	17 días	8 meses
N°11513	4 días	5 meses

*Fuente: Propia, 2018*

Estas diferencias se deben a que todas presentan capacidades muy diferentes, tanto en las capas granulares como en la carpeta; adicional a esto, los espesores también son muy variados, tal como se muestra en la Tabla 45.

**Tabla 45 Comparación de las propiedades de Rutas de Travesía**

Datos	Ruta N°11402	Ruta N°11506	Ruta N°11513
Espesor Carpeta Inicial (cm)	5	15.50	11
Espesor Carpeta Final (cm)	11	19.50	15
Espesor Base (cm)	84 Base Granular	15 Base mejorada con cemento hidráulico	8 Base Granular
CBR Base (%)	47	89	-
Densidad Seca Máxima Base (kg/m <sup>3</sup> )	1803	1783	-
CBR Subrasante (%)	8	10	6
Densidad Seca Máxima Subrasante (kg/m <sup>3</sup> )	1340	1355	1413
TPD (Final)	17905	25493	8610
IRI (Final)	4.6	3.1	3.4
FDW (Final)	95.96	87.38	80.58
Vida Útil (Diseño)	1.2 meses	17 días	4 días
Vida Útil (Final)	3.2 Años	8 meses	5 meses

*Fuente: Propia, 2018*



## Conclusiones

Por medio de los conteos del aforo vehicular, se obtuvo la distribución y el volumen de tránsito para cada ruta de estudio. Adicionalmente, se efectuaron pruebas de deflectometría por impacto FWD con una frecuencia de 50m sobre cada carril y medición del perfil longitudinal para el cálculo del IRI, para obtener los valores finales después de las intervenciones, con el fin de comparar los datos con respecto a los valores de diseño.

Cabe destacar que a nivel estructural todas las rutas requieren de intervención para mejorar la capacidad del pavimento de resistir el trabajo combinado del tráfico y el ambiente; para el caso de la Ruta N°11402, se debe renovar toda la estructura del pavimento para recuperar la capacidad estructural y funcional; para la Ruta N°11506, el tipo de intervención sugerida es una rehabilitación mayor; y para el caso de la Ruta N°11513, se sugiere un análisis más detallado a nivel de proyecto, por encontrarse en una condición de capacidad estructural y funcional intermedia.

Igualmente, a nivel funcional hubo mejoría en todos los tramos analizados para las tres rutas; sin embargo, el valor de IRI final para la Ruta de travesía N°11402, en 16 de los 26 tramos evaluados, no cumple con la normativa vigente para este proyecto.

Es importante enfatizar que por los valores iniciales promedio de IRI mayores a 6.4m/km, combinado con una capacidad estructural deficiente, la cual se presentó en las tres rutas, el tipo de intervención recomendada era su reconstrucción o construcción, como se indica en el Cartel de Licitación Pública (LP) N°2014LN-000018-0CV00 MP Y R Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada; sin embargo, la Administración tomó la decisión de realizar una sobrecapa asfáltica que no cumplía con el diseño propuesto.

## Recomendaciones

- Debido a que estas rutas cumplen la función como rutas alternas, esto con el fin de descongestionar el GAM, se deben tomar en consideración intervenciones de mantenimiento rutinario; sin embargo, este tipo de intervención no mejora la capacidad estructural para periodos entre los 6 meses a 1 año.
- Se debe presentar especial atención a la Ruta N°11513, pues la misma presentó un alcantarillado del AyA construido con ladrillos, y no se descarta que para toda esa zona haya más de este tipo. Además, esta Ruta con la Nota Q final de Q-5 final sugiere una evaluación más detallada, en virtud de que presenta valores de IRI y deflectometrías muy limitadas.
- Para la Ruta N°11402, se debe renovar toda la estructura del pavimento para recuperar la capacidad estructural y funcional.
- En la Ruta N°11506, el tipo de intervención sugerida es una rehabilitación mayor, donde se realicen labores de sustitución o estabilización de la base, junto con una nueva capa asfáltica cuyo espesor provea el aporte estructural requerido.
- Durante el proceso constructivo en varias zonas de las 3 rutas se debió colocar Base Granular y cemento, ya que al perfilar la carpeta existente se encontraba con la Subrasante o existían fugas debido al colapso de tuberías de agua pluvial y potable; por lo que se recomienda una revisión de red de alcantarillado de todas las rutas.
- Las especificaciones para el IRI que están en el Cartel de Licitación se deben ajustar para las condiciones que ofrecen las rutas de travesía, ya que todas se encuentran con una capacidad estructural y funcional muy baja y el tipo de intervención que la Administración solicita no es la adecuada para su correcta funcionalidad.

## Referencias Bibliográficas

- Badilla Vargas, G., Barrantes Jiménez, R., & Elizondo Arrieta, F. (2008). *Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. Proyecto N° UI-03-08*. San José: PITRA-LanammeUCR.
- Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). (2015). *Cartel de Licitación Pública N°2014LN-000018-0CV00 MP Y R Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada Línea 1; Zonas 1-1, 1-2 y 1-9, San José, Heredia y Puriscal*. San José.
- Coronado Iturbide, J. (2002). *Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos SIECA*. Guatemala.
- Corredor, G. (2008). *Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Costa Rica. MOPT. (2018). *Sistemas de Información Geográfica para la planificación y gestión de infraestructura*. Obtenido de <http://sig.mopt.go.cr:8084/web/index.html#15/9.9587/-84.0536>
- Costa Rica. MOPT, Dirección de Planificación Sectorial. (2016). *Anuario de Información de Tránsito 2015*. San José.
- Costa Rica. MOPT, Dirección de Planificación Sectorial. (2017). *Anuario de Información de Tránsito 2017*. San José.
- Federal Highway Administration. (2016). *Traffic Monitoring Guide*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation.
- Fernández Cerdas, S. (2018). *ITP-GTC-037-18*. Uruca: Ingeniería Técnica de Proyectos.
- Fernández Cerdas, S. (2018). *ITP-GTC-038-18*. Uruca: Ingeniería Técnica de Proyectos.
- Fernández Cerdas, S. (2018). *ITP-GTC-039-18*. Uruca: Ingeniería Técnica de Proyectos.
- Guzmán Sánchez, J. L., & Sánchez Cascante, R. M. (2018). *ITP-584-18*. Uruca: Ingeniería Técnica de Proyectos.
- Guzmán Sánchez, J. L., & Sánchez Cascante, R. M. (2018). *ITP-585-18*. Uruca: Ingeniería Técnica de Proyectos.
- Guzmán Sánchez, J., & Sánchez Cascante, R. (2018). *ITP-583-18*. Uruca: Ingeniería Técnica de Proyectos.
- Higuera, C. (2011). *Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto*. Bogotá: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia.
- Huang, Y. (2004). *Análisis y Diseño de Pavimentos*. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.

- Instituto Boliviano del cemento y hormigón. (s.f.). *Diseño de sobre-carpetas en pavimentos existentes*. La Paz: Instituto Nacional de Carreteras.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (03 de Noviembre de 2018). *Datos climáticos*. Obtenido de Estación Aranjuez:  
<https://www.imn.ac.cr/mapa>
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. (2014). *LM-PI-GM-INF-22-14: Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios mecánico-empíricos*. San José: Lanamme UCR.
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. (2017). *LM-IC-D-0263-17: Solicitud de información de las Rutas Nacionales N°107, 118 y 39 y rutas de travesía*. San José: LanammeUCR.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2018). *Directriz N°001-MOPT*. San José: Imprenta Nacional.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT. (2007). *Oficio N°. DVOP-5170-07*. San José: Despacho Viceministro de Obras Públicas y Transportes.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. San José.
- Paterson, W. (1987). *Road deterioration and maintenance effects: models for planning and management*. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.
- PaveTesting Limited 2014. (18 de Julio de 2018). *PaveTesting*. Obtenido de <http://www.pavetesting.com/paveFWDTrailer>
- Reyes Spíndola, R. C., & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones*. México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V.
- Salas Chaves, M., Sequeira Rojas, W., & Solórzano Murillo, S. (2015). *Guía para inspectores para la colocación de sobrecapas asfálticas*. San José: PITRA-LanammeUCR.
- Sanabria Sandino, J. (2017). *INF-PITRA-002-2017: Informe de Evaluación Vial de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica Años 2016-2017*. San José: PITRA-LanammeUCR.
- Solórzano Murillo, S., Salas Chaves, M., & Sequeira Rojas, W. (s.f.). *Guía para inspectores para la colocación de sobrecapas asfálticas*. San José: PITRA-LanammeUCR.
- Surface Systems & Instruments, Inc. (18 de julio de 2018). *Smooth Road*. Obtenido de <https://www.smoothroad.com/es>




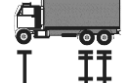



Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional. (2017). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2016-2017*. San Pedro de Montes de Oca: PITRA.

## **Anexos**

### **Anexo A. Tabla para conteos vehiculares**

Fecha: \_\_\_\_\_

Ruta: \_\_\_\_\_

Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ
								
6:00 - 6:15								
6:15 - 6:30								
6:30 - 6:45								
6:45 - 7:00								
7:00 - 7:15								
7:15 - 7:30								
7:30 - 7:45								
7:45 - 8:00								
8:00 - 8:15								
8:15 - 8:30								
8:30 - 8:45								
8:45 - 9:00								
16:00 - 16:15								
16:15 - 16:30								
16:30 - 16:45								
16:45 - 17:00								
17:00 - 17:15								
17:15 - 17:30								
17:30 - 17:45								
17:45 - 18:00								
18:00 - 18:15								
18:15 - 18:30								
18:30 - 18:45								
18:45 - 19:00								
Σ								

**Figura A - 1 Tabla para Conteos vehiculares**

**Anexo B. Aforos vehiculares por día y Volumen de Tránsito Diario, Ruta de  
Travesía N°11402**



Fecha: 24/9/2018

Ruta: N°11402








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	1	0	4	0	3	0	110	118	4.24%	13370
6:15 - 6:30	2	0	2	0	2	0	158	164		
6:30 - 6:45	9	1	6	0	1	0	250	267		
6:45 - 7:00	7	0	5	0	2	1	257	272		
7:00 - 7:15	14	1	5	0	3	0	265	288	5.66%	
7:15 - 7:30	14	0	3	0	4	0	175	196		
7:30 - 7:45	5	1	5	0	2	0	186	199		
7:45 - 8:00	3	3	1	0	4	0	153	164	5.42%	
8:00 - 8:15	8	1	0	1	2	0	150	162		
8:15 - 8:30	8	0	4	0	4	0	110	126		
8:30 - 8:45	11	1	3	0	4	0	115	134		
8:45 - 9:00	7	4	3	1	2	0	120	137	5.89%	
16:00 - 16:15	8	3	1	0	1	0	133	146		
16:15 - 16:30	7	2	0	0	1	0	155	165		
16:30 - 16:45	6	2	0	0	2	0	148	158		
16:45 - 17:00	4	4	2	0	1	0	149	160	5.06%	
17:00 - 17:15	5	1	0	0	2	0	169	177		
17:15 - 17:30	8	1	0	1	2	0	181	193		
17:30 - 17:45	8	4	1	0	0	0	155	168		
17:45 - 18:00	8	0	2	0	1	0	140	151	4.95%	
18:00 - 18:15	6	1	0	0	1	0	145	153		
18:15 - 18:30	9	2	0	0	1	0	132	144		
18:30 - 18:45	11	1	0	0	1	0	146	159		
18:45 - 19:00	8	2	0	0	2	0	161	173		
Σ	177	35	47	3	48	1	3863	4174	31.22%	

Figura B - 1 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, lunes 24/09/2018

Fecha: 25/9/2018

Ruta: N°11402















Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	6	2	2	0	1	0	85	96	4.24%	17905
6:15 - 6:30	5	1	2	0	1	0	52	61		
6:30 - 6:45	13	0	1	0	0	0	227	241		
6:45 - 7:00	15	1	1	0	0	0	191	208		
7:00 - 7:15	9	2	1	0	2	0	193	207	5.66%	
7:15 - 7:30	8	0	0	0	0	0	160	168		
7:30 - 7:45	7	1	1	0	1	0	180	190		
7:45 - 8:00	10	0	1	0	0	0	160	171	5.42%	
8:00 - 8:15	10	1	1	0	0	0	132	144		
8:15 - 8:30	8	1	0	1	1	0	121	132		
8:30 - 8:45	11	2	2	0	0	0	100	115		
8:45 - 9:00	12	2	8	0	0	0	142	164	5.89%	
16:00 - 16:15	8	8	3	0	3	0	280	302		
16:15 - 16:30	7	8	1	0	7	0	331	354		
16:30 - 16:45	9	8	3	0	1	0	276	297		
16:45 - 17:00	11	6	3	0	3	0	255	278	5.06%	
17:00 - 17:15	15	9	2	0	4	0	385	415		
17:15 - 17:30	10	4	2	0	4	0	234	254		
17:30 - 17:45	27	1	5	0	1	0	295	329		
17:45 - 18:00	16	2	3	0	3	0	310	334	4.95%	
18:00 - 18:15	14	0	0	0	4	0	209	227		
18:15 - 18:30	10	1	0	0	3	0	308	322		
18:30 - 18:45	20	0	1	0	3	0	290	314		
18:45 - 19:00	12	2	3	0	2	0	248	267		
Σ	273	62	46	1	44	0	5164	5590	31.22%	

Figura B - 2 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, martes 25/09/2018

Fecha: 26/9/2018

Ruta: N°11402

Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	6	0	0	0	1	0	52	59	4.24%	14587
6:15 - 6:30	5	0	1	0	0	0	85	91		
6:30 - 6:45	13	0	3	1	0	0	191	208		
6:45 - 7:00	15	0	3	0	0	0	227	245		
7:00 - 7:15	9	2	1	0	1	0	183	196	5.66%	
7:15 - 7:30	8	0	0	0	1	0	180	189		
7:30 - 7:45	7	0	2	2	0	0	103	114		
7:45 - 8:00	11	1	2	1	0	0	67	82		
8:00 - 8:15	10	1	3	0	1	0	132	147	5.42%	
8:15 - 8:30	8	3	5	1	1	0	121	139		
8:30 - 8:45	11	2	3	0	0	0	142	158		
8:45 - 9:00	13	3	3	1	1	0	100	121		
16:00 - 16:15	10	4	3	0	0	0	196	213	5.89%	
16:15 - 16:30	13	3	2	0	1	0	231	250		
16:30 - 16:45	11	6	3	0	1	0	239	260		
16:45 - 17:00	9	9	1	0	0	0	204	223		
17:00 - 17:15	14	6	3	0	1	0	231	255	5.06%	
17:15 - 17:30	15	6	0	0	2	0	247	270		
17:30 - 17:45	14	4	3	0	0	0	220	241		
17:45 - 18:00	12	2	1	0	1	0	193	209		
18:00 - 18:15	17	5	2	0	0	0	229	253	4.95%	
18:15 - 18:30	20	5	1	0	2	0	200	228		
18:30 - 18:45	5	2	3	0	1	0	209	220		
18:45 - 19:00	14	4	0	0	0	0	165	183		
Σ	270	68	48	6	15	0	4147	4554	31.22%	

**Figura B - 3 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, miércoles 26/09/2018**

Fecha: 27/9/2018

Ruta: N°11402




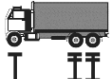



Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	3	0	0	0	1	0	88	92	4.24%	15314
6:15 - 6:30	8	0	0	0	1	0	147	156		
6:30 - 6:45	12	1	3	0	0	0	227	243		
6:45 - 7:00	10	1	0	1	0	1	171	184		
7:00 - 7:15	11	3	2	0	0	0	233	249	5.66%	
7:15 - 7:30	7	2	3	0	1	0	196	209		
7:30 - 7:45	6	0	2	0	1	0	164	173		
7:45 - 8:00	9	3	2	0	1	0	144	159		
8:00 - 8:15	14	0	3	0	0	0	155	172		
8:15 - 8:30	10	1	3	0	1	0	126	141	5.42%	
8:30 - 8:45	9	2	3	0	0	0	127	141		
8:45 - 9:00	11	1	1	0	0	0	102	115		
16:00 - 16:15	13	7	0	0	0	0	200	220	5.89%	
16:15 - 16:30	11	14	6	0	2	0	208	241		
16:30 - 16:45	12	11	3	0	0	0	207	233		
16:45 - 17:00	12	9	1	0	0	0	206	228		
17:00 - 17:15	15	8	2	0	2	0	222	249	5.06%	
17:15 - 17:30	9	5	2	0	1	0	226	243		
17:30 - 17:45	8	0	2	1	1	0	226	238		
17:45 - 18:00	17	8	1	0	0	0	220	246		
18:00 - 18:15	11	5	2	0	0	0	198	216	4.95%	
18:15 - 18:30	5	2	0	0	1	0	203	211		
18:30 - 18:45	13	1	0	0	1	0	203	218		
18:45 - 19:00	8	4	0	0	1	0	191	204		
Σ	244	88	41	2	15	1	4390	4781	31.22%	

Figura B - 4 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, jueves 27/09/2018

Fecha: 28/9/2018

Ruta: N°11402








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	3	2	1	0	0	0	70	76	4.24%	16758
6:15 - 6:30	8	0	1	0	1	0	132	142		
6:30 - 6:45	13	3	4	0	0	0	209	229		
6:45 - 7:00	12	1	3	1	1	0	216	234		
7:00 - 7:15	10	1	4	1	1	0	240	257	5.66%	
7:15 - 7:30	9	0	1	1	2	0	182	195		
7:30 - 7:45	9	4	2	1	0	0	143	159		
7:45 - 8:00	12	2	3	0	0	0	151	168		
8:00 - 8:15	5	1	3	0	1	0	145	155		
8:15 - 8:30	14	1	2	0	0	0	123	140	5.42%	
8:30 - 8:45	8	0	4	1	0	0	146	159		
8:45 - 9:00	7	1	5	0	0	0	115	128		
16:00 - 16:15	9	2	1	0	0	0	305	317	5.89%	
16:15 - 16:30	12	2	3	0	0	0	290	307		
16:30 - 16:45	5	4	2	0	0	0	296	307		
16:45 - 17:00	8	2	4	0	0	0	289	303		
17:00 - 17:15	3	0	1	0	0	0	273	277		
17:15 - 17:30	13	0	5	0	1	0	246	265	5.06%	
17:30 - 17:45	11	1	1	0	1	0	248	262		
17:45 - 18:00	15	2	2	0	0	0	253	272		
18:00 - 18:15	9	3	1	0	0	0	205	218	4.95%	
18:15 - 18:30	9	1	3	0	1	0	206	220		
18:30 - 18:45	14	5	2	0	1	0	187	209		
18:45 - 19:00	12	0	1	0	0	0	220	233		
Σ	230	38	59	5	10	0	4890	5232	31.22%	

Figura B - 5 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, viernes 28/09/2018

**Anexo C. Aforos vehiculares por día y Volumen de Tránsito Diario, Ruta de Travesía N°11506**

Fecha: 24/9/2018

Ruta: N°11506








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	5	1	2	0	18	0	185	211	4.24%	23258
6:15 - 6:30	4	1	2	0	4	0	132	143		
6:30 - 6:45	46	6	0	1	8	0	204	265		
6:45 - 7:00	13	7	2	0	3	0	348	373		
7:00 - 7:15	26	6	1	0	11	0	253	297	5.66%	
7:15 - 7:30	38	1	2	0	12	0	413	466		
7:30 - 7:45	44	2	2	5	4	0	422	479		
7:45 - 8:00	31	2	5	0	2	0	546	586	5.42%	
8:00 - 8:15	26	4	2	0	1	0	413	446		
8:15 - 8:30	11	5	3	0	1	0	384	404		
8:30 - 8:45	13	2	1	0	2	0	275	293		
8:45 - 9:00	20	1	2	0	3	0	158	184	5.89%	
16:00 - 16:15	21	2	3	0	1	0	223	250		
16:15 - 16:30	11	3	0	0	0	0	227	241		
16:30 - 16:45	12	4	0	0	0	0	174	190		
16:45 - 17:00	10	6	1	1	1	0	129	148		
17:00 - 17:15	13	2	0	0	0	0	221	236	5.06%	
17:15 - 17:30	17	2	0	1	0	0	321	341		
17:30 - 17:45	9	1	3	2	2	0	295	312		
17:45 - 18:00	12	1	2	0	0	0	311	326		
18:00 - 18:15	13	3	1	0	0	0	216	233	4.95%	
18:15 - 18:30	5	0	1	0	0	0	273	279		
18:30 - 18:45	9	1	3	0	1	0	315	329		
18:45 - 19:00	11	0	2	0	0	0	216	229		
Σ	420	63	40	10	74	0	6654	7261	31.22%	

Figura C - 1 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, lunes 24/09/2018

Fecha: 25/9/2018

Ruta: N°11506




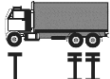






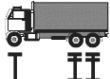



Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	8	1	1	2	8	0	81	101	4.24%	20384
6:15 - 6:30	7	2	2	0	0	0	103	114		
6:30 - 6:45	14	1	0	1	1	0	160	177		
6:45 - 7:00	5	0	0	1	1	0	192	199		
7:00 - 7:15	6	1	1	0	0	0	381	389		
7:15 - 7:30	10	1	2	0	1	0	221	235		
7:30 - 7:45	15	1	1	0	1	0	353	371		
7:45 - 8:00	7	0	1	1	1	0	203	213		
8:00 - 8:15	18	4	1	11	11	0	111	156		
8:15 - 8:30	24	2	3	1	0	0	122	152		
8:30 - 8:45	20	4	0	3	2	0	220	249		
8:45 - 9:00	22	6	0	1	0	0	212	241		
16:00 - 16:15	25	8	4	0	0	0	381	418		
16:15 - 16:30	11	3	2	0	1	0	280	297		
16:30 - 16:45	9	1	1	0	1	0	291	303		
16:45 - 17:00	8	1	0	0	0	0	281	290		
17:00 - 17:15	10	1	3	0	0	0	290	304		
17:15 - 17:30	11	1	1	0	0	0	240	253		
17:30 - 17:45	7	0	0	0	1	0	270	278		
17:45 - 18:00	9	3	2	0	0	0	291	305		
18:00 - 18:15	8	2	0	0	0	0	305	315		
18:15 - 18:30	6	1	1	0	1	0	306	315		
18:30 - 18:45	13	4	2	0	1	0	355	375		
18:45 - 19:00	11	3	3	0	2	0	295	314		
Σ	284	51	31	21	33	0	5944	6364	31.22%	

Figura C - 2 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, martes 25/09/2018



Fecha: 26/9/2018

Ruta: N°11506

Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	7	1	1	0	1	0	140	150	4.24%	20906
6:15 - 6:30	6	2	2	0	4	0	160	174		
6:30 - 6:45	9	0	1	0	1	0	190	201		
6:45 - 7:00	8	0	0	0	1	0	220	229		
7:00 - 7:15	10	3	6	0	5	0	230	254	5.66%	
7:15 - 7:30	5	1	1	0	3	0	190	200		
7:30 - 7:45	5	2	3	0	0	0	222	232		
7:45 - 8:00	16	2	2	0	0	0	244	264		
8:00 - 8:15	19	3	2	0	0	0	191	215	5.42%	
8:15 - 8:30	10	4	5	1	1	0	168	189		
8:30 - 8:45	13	1	0	0	0	0	227	241		
8:45 - 9:00	11	3	4	1	2	0	182	203		
16:00 - 16:15	7	3	5	0	0	0	223	238	5.89%	
16:15 - 16:30	8	2	3	1	2	0	251	267		
16:30 - 16:45	11	4	7	0	4	0	380	406		
16:45 - 17:00	13	4	4	0	2	0	310	333		
17:00 - 17:15	15	6	8	0	3	0	321	353	5.06%	
17:15 - 17:30	14	1	3	0	0	0	327	345		
17:30 - 17:45	19	4	0	0	0	0	273	296		
17:45 - 18:00	12	5	1	0	2	0	331	351		
18:00 - 18:15	13	6	4	0	1	0	336	360	4.95%	
18:15 - 18:30	15	1	3	1	2	0	290	312		
18:30 - 18:45	17	4	4	0	1	0	343	369		
18:45 - 19:00	16	4	6	0	3	0	316	345		
Σ	279	66	75	4	38	0	6065	6527	31.22%	

**Figura C - 3 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, miércoles 26/09/2018**

Fecha: 27/9/2018

Ruta: N°11506








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	2	1	1	0	2	0	130	136	4.24%	20996
6:15 - 6:30	11	0	2	0	3	0	122	138		
6:30 - 6:45	6	0	1	0	1	0	226	234		
6:45 - 7:00	10	1	0	1	3	0	170	185		
7:00 - 7:15	11	5	1	1	5	0	190	213	5.66%	
7:15 - 7:30	9	1	0	0	6	0	186	202		
7:30 - 7:45	7	3	4	0	1	0	193	208		
7:45 - 8:00	8	2	1	0	0	0	211	222	5.42%	
8:00 - 8:15	12	4	2	0	1	0	181	200		
8:15 - 8:30	14	4	5	1	0	0	144	168		
8:30 - 8:45	5	2	2	0	0	0	170	179		
8:45 - 9:00	9	3	3	0	3	0	185	203	5.89%	
16:00 - 16:15	14	4	2	0	2	0	193	215		
16:15 - 16:30	9	3	4	0	0	0	223	239		
16:30 - 16:45	15	6	4	0	1	0	258	284		
16:45 - 17:00	14	6	2	1	1	0	376	400	5.06%	
17:00 - 17:15	10	4	5	3	3	0	392	417		
17:15 - 17:30	15	5	4	2	2	0	354	382		
17:30 - 17:45	21	6	7	3	3	0	333	373		
17:45 - 18:00	16	6	3	1	2	0	334	362	4.95%	
18:00 - 18:15	19	4	4	2	0	0	430	459		
18:15 - 18:30	24	5	2	0	1	0	417	449		
18:30 - 18:45	12	4	1	1	0	0	340	358		
18:45 - 19:00	7	2	2	0	2	0	316	329		
Σ	280	81	62	16	42	0	6074	6555	31.22%	

Figura C - 4 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, jueves 27/09/2018

Fecha: 28/9/2018

Ruta: N°11506








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	4	1	1	0	3	0	102	111	4.24%	25493
6:15 - 6:30	5	1	0	0	1	0	113	120		
6:30 - 6:45	8	0	1	0	1	0	202	212		
6:45 - 7:00	6	3	1	1	2	0	210	223		
7:00 - 7:15	14	5	1	0	2	0	160	182	5.66%	
7:15 - 7:30	16	1	1	0	0	0	171	189		
7:30 - 7:45	11	2	1	0	1	0	173	188		
7:45 - 8:00	12	4	6	1	0	0	355	378	5.42%	
8:00 - 8:15	15	2	4	1	2	0	316	340		
8:15 - 8:30	13	3	2	0	0	0	203	221		
8:30 - 8:45	14	5	5	0	1	0	273	298		
8:45 - 9:00	12	6	3	0	0	0	542	563	5.89%	
16:00 - 16:15	11	9	0	0	0	0	407	427		
16:15 - 16:30	9	4	1	0	0	0	332	346		
16:30 - 16:45	14	5	2	0	1	0	361	383		
16:45 - 17:00	11	6	2	0	0	0	460	479	5.06%	
17:00 - 17:15	12	5	3	0	1	0	376	397		
17:15 - 17:30	9	4	1	1	2	0	381	398		
17:30 - 17:45	10	8	2	2	0	0	452	474		
17:45 - 18:00	14	6	2	0	1	0	335	358	4.95%	
18:00 - 18:15	17	5	3	0	0	0	423	448		
18:15 - 18:30	11	6	1	0	0	0	411	429		
18:30 - 18:45	13	8	1	0	1	0	422	445		
18:45 - 19:00	11	6	2	0	2	0	329	350		
Σ	272	105	46	6	21	0	7509	7959	31.22%	

Figura C - 5 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, viernes 28/09/2018

**Anexo D. Aforos vehiculares por día y Volumen de Tránsito Diario, Ruta de  
Travesía N°11513**

Fecha: 24/9/2018

Ruta: N°11513








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	24	5	2	0	0	0	30	61	4.24%	4760
6:15 - 6:30	26	9	4	0	0	0	22	61		
6:30 - 6:45	35	5	2	0	0	0	23	65		
6:45 - 7:00	20	2	2	3	0	0	33	60		
7:00 - 7:15	21	2	2	2	0	0	29	56		
7:15 - 7:30	34	3	3	1	0	0	27	68		
7:30 - 7:45	21	4	0	0	0	0	29	54		
7:45 - 8:00	35	3	1	0	0	1	14	54		
8:00 - 8:15	28	5	0	0	0	0	26	59		
8:15 - 8:30	27	5	2	0	0	0	29	63		
8:30 - 8:45	28	5	0	0	1	0	13	47		
8:45 - 9:00	27	5	0	1	0	0	33	66		
16:00 - 16:15	31	4	1	2	0	0	41	79		
16:15 - 16:30	27	2	0	2	0	0	44	75		
16:30 - 16:45	28	3	0	1	0	0	34	66		
16:45 - 17:00	25	5	1	1	0	0	25	57		
17:00 - 17:15	25	4	0	0	0	0	32	61		
17:15 - 17:30	22	4	3	3	0	0	27	59		
17:30 - 17:45	27	5	0	0	0	0	33	65		
17:45 - 18:00	27	4	2	1	1	0	27	62		
18:00 - 18:15	25	2	0	1	0	0	35	63		
18:15 - 18:30	26	3	1	0	0	0	34	64		
18:30 - 18:45	26	2	5	0	0	0	36	69		
18:45 - 19:00	23	3	3	0	0	0	23	52		
Σ	638	94	34	18	2	1	699	1486	31.22%	

Figura D - 1 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, lunes 24/09/2018

Fecha: 25/9/2018

Ruta: N°11513








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	12	7	1	0	0	0	17	37	4.24%	6477
6:15 - 6:30	30	9	2	0	0	0	31	72		
6:30 - 6:45	40	7	5	3	0	0	58	113		
6:45 - 7:00	41	10	2	0	0	0	37	90		
7:00 - 7:15	45	8	5	0	0	0	36	94	5.66%	
7:15 - 7:30	58	8	5	0	0	0	39	110		
7:30 - 7:45	56	6	6	1	0	0	49	118		
7:45 - 8:00	56	4	0	1	0	0	45	106		
8:00 - 8:15	12	5	3	0	0	0	35	55	5.42%	
8:15 - 8:30	28	12	2	1	0	0	34	77		
8:30 - 8:45	36	4	2	0	0	0	37	79		
8:45 - 9:00	20	1	3	0	0	0	30	54		
16:00 - 16:15	38	8	4	0	0	0	37	87	5.89%	
16:15 - 16:30	50	9	2	0	0	0	39	100		
16:30 - 16:45	51	7	1	0	0	0	36	95		
16:45 - 17:00	46	8	2	1	0	0	49	106		
17:00 - 17:15	40	4	5	1	0	0	35	85	5.06%	
17:15 - 17:30	39	3	1	0	0	0	38	81		
17:30 - 17:45	40	4	5	0	0	0	39	88		
17:45 - 18:00	35	23	1	0	0	0	32	91		
18:00 - 18:15	29	2	1	0	0	0	48	80	4.95%	
18:15 - 18:30	30	3	0	1	0	0	39	73		
18:30 - 18:45	40	2	2	0	1	0	39	84		
18:45 - 19:00	23	0	0	0	0	0	24	47		
Σ	895	154	60	9	1	0	903	2022	31.22%	

Figura D - 2 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, martes 25/09/2018

Fecha: 26/9/2018

Ruta: N°11513




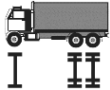
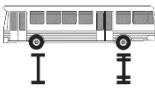
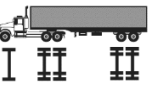

Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	37	4	0	0	0	0	38	79	4.24%	8049
6:15 - 6:30	47	4	0	0	1	0	33	85		
6:30 - 6:45	39	3	2	0	1	0	48	93		
6:45 - 7:00	45	10	4	0	0	0	55	114		
7:00 - 7:15	48	7	4	0	0	0	56	115		
7:15 - 7:30	46	2	2	0	0	0	66	116		
7:30 - 7:45	47	8	2	0	0	0	51	108		
7:45 - 8:00	47	6	2	0	0	0	46	101		
8:00 - 8:15	49	3	4	0	0	0	58	114		
8:15 - 8:30	38	7	5	0	0	1	39	90		
8:30 - 8:45	38	12	5	0	1	0	49	105		
8:45 - 9:00	28	7	4	0	0	0	28	67		
16:00 - 16:15	33	6	2	0	0	0	42	83		
16:15 - 16:30	43	5	1	0	0	0	38	87		
16:30 - 16:45	40	8	2	0	0	0	50	100		
16:45 - 17:00	52	14	2	0	0	0	68	136		
17:00 - 17:15	52	5	11	0	0	0	53	121		
17:15 - 17:30	51	7	0	0	0	0	59	117		
17:30 - 17:45	43	0	1	0	0	0	67	111		
17:45 - 18:00	49	1	1	0	1	0	59	111		
18:00 - 18:15	52	5	3	0	0	0	63	123		
18:15 - 18:30	51	6	0	0	0	0	63	120		
18:30 - 18:45	58	7	1	0	0	0	52	118		
18:45 - 19:00	48	2	1	0	0	0	48	99		
Σ	1081	139	59	0	4	1	1229	2513	31.22%	

Figura D - 3 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, miércoles 26/09/2018

Fecha: 27/9/2018

Ruta: N°11513








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	25	12	1	0	0	0	34	72	4.24%	8610
6:15 - 6:30	34	8	3	0	0	0	50	95		
6:30 - 6:45	57	14	2	0	0	1	72	146		
6:45 - 7:00	59	15	2	0	0	1	56	133		
7:00 - 7:15	68	8	5	0	0	0	78	159	5.66%	
7:15 - 7:30	47	8	1	0	0	1	55	112		
7:30 - 7:45	50	8	1	0	0	0	55	114		
7:45 - 8:00	38	10	3	0	0	0	55	106		
8:00 - 8:15	67	15	3	0	0	0	54	139	5.42%	
8:15 - 8:30	48	7	4	0	0	1	36	96		
8:30 - 8:45	49	0	4	0	0	0	38	91		
8:45 - 9:00	49	0	0	0	0	0	48	97		
16:00 - 16:15	50	7	2	0	0	0	50	109	5.89%	
16:15 - 16:30	40	5	2	0	0	0	45	92		
16:30 - 16:45	47	9	1	0	0	0	44	101		
16:45 - 17:00	41	3	2	0	0	0	50	96		
17:00 - 17:15	48	9	2	0	0	0	66	125	5.06%	
17:15 - 17:30	52	1	2	0	0	0	57	112		
17:30 - 17:45	46	7	0	0	0	0	68	121		
17:45 - 18:00	43	0	5	0	0	0	48	96		
18:00 - 18:15	65	4	0	0	0	0	66	135	4.95%	
18:15 - 18:30	36	5	0	0	0	0	72	113		
18:30 - 18:45	49	2	0	0	0	0	65	116		
18:45 - 19:00	43	2	0	0	0	0	67	112		
Σ	1151	159	45	0	0	4	1329	2688	31.22%	

Figura D - 4 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, jueves 27/09/2018



Fecha: 28/9/2018

Ruta: N°11513








Hora	Pick Up	C2+ - Eje simple trasero	C2 - Eje dual trasero	C3 Eje tándem trasero	C2- Bus	T3-S2	Livianos	Σ	%	Volumen de Tránsito Diario
										
6:00 - 6:15	46	6	4	0	0	0	41	97	4.24%	8258
6:15 - 6:30	38	0	2	0	0	0	38	78		
6:30 - 6:45	40	6	4	0	0	0	38	88		
6:45 - 7:00	37	9	1	0	0	0	36	83		
7:00 - 7:15	49	4	0	0	0	0	48	101	5.66%	
7:15 - 7:30	35	4	0	0	0	0	50	89		
7:30 - 7:45	46	7	2	0	0	0	58	113		
7:45 - 8:00	49	6	4	0	0	0	58	117		
8:00 - 8:15	39	8	4	0	0	0	51	102	5.42%	
8:15 - 8:30	48	7	3	0	0	0	48	106		
8:30 - 8:45	25	2	0	0	0	0	36	63		
8:45 - 9:00	38	8	4	0	0	0	46	96	5.89%	
16:00 - 16:15	37	5	4	0	0	0	78	124		
16:15 - 16:30	57	6	3	0	0	0	56	122		
16:30 - 16:45	67	6	4	0	0	0	66	143		
16:45 - 17:00	46	8	2	0	0	0	70	126	5.06%	
17:00 - 17:15	65	9	5	0	0	0	68	147		
17:15 - 17:30	51	7	0	0	0	0	56	114		
17:30 - 17:45	68	0	1	0	0	0	48	117		
17:45 - 18:00	55	2	0	0	0	0	44	101	4.95%	
18:00 - 18:15	63	4	1	0	0	0	67	135		
18:15 - 18:30	49	5	1	0	0	0	64	119		
18:30 - 18:45	56	3	0	0	0	0	43	102		
18:45 - 19:00	35	4	4	0	0	0	52	95		
Σ	1139	126	53	0	0	0	1260	2578	31.22%	

Figura D - 5 Aforo vehicular y Volumen de Tránsito Diario, viernes 28/09/2018

**Anexo E. ESAL'S de la Ruta de Travesía N°11402**

<b>TPD=</b>	<b>17 905</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>5.42</b>
% Crecimiento r=	4.08%
Periodo de diseño y=	5

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	4.88%	17 905	5	0.5	1	17 314.96
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.11%	17 905	5	0.5	1	13 763.17
C2 Eje tádem trasero	0.63	0.82%	17 905	5	0.5	1	91 902.47
C3	1.28	0.02%	17 905	5	0.5	1	4 059.18
Bus	2.29	0.79%	17 905	5	0.5	1	319 533.92
T3-S2	2.38	0.00%	17 905	5	0.5	1	-
Livianos	0.004	92.38%	17 905	5	0.5	1	65 505.09
<b>Σ</b>							<b>512 078.80</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	874	4.88%
C2+ Eje simple trasero	199	1.11%
C2 Eje tádem trasero	147	0.82%
C3	3	0.02%
Bus	141	0.79%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	16 541	92.38%
<b>Total</b>	<b>17 905</b>	

**Figura E - 1 ESAL 'S para un periodo de Diseño de 5 años**

<b>TPD=</b>	<b>17 905</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>12.05</b>
% Crecimiento r=	4.08%
Periodo de diseño y=	10

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	4.88%	17 905	12	0.5	1	38 462.40
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.11%	17 905	12	0.5	1	30 572.68
C2 Eje tádem trasero	0.63	0.82%	17 905	12	0.5	1	204 146.60
C3	1.28	0.02%	17 905	12	0.5	1	9 016.83
Bus	2.29	0.79%	17 905	12	0.5	1	709 793.34
T3-S2	2.38	0.00%	17 905	12	0.5	1	-
Livianos	0.004	92.38%	17 905	12	0.5	1	145 509.04
<b>Σ</b>							<b>1 137 500.88</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	874	4.88%
C2+ Eje simple trasero	199	1.11%
C2 Eje tádem trasero	147	0.82%
C3	3	0.02%
Bus	141	0.79%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	16 541	92.38%
<b>Total</b>	<b>17 905</b>	

**Figura E - 2 ESAL'S para un periodo de Diseño de 10 años**

<b>TPD=</b>	<b>17 905</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>20.14</b>
% Crecimiento r=	4.08%
Periodo de diseño y=	15

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	4.88%	17 905	20	0.5	1	64 290.61
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.11%	17 905	20	0.5	1	51 102.79
C2 Eje tádem trasero	0.63	0.82%	17 905	20	0.5	1	341 234.78
C3	1.28	0.02%	17 905	20	0.5	1	15 071.79
Bus	2.29	0.79%	17 905	20	0.5	1	1 186 432.59
T3-S2	2.38	0.00%	17 905	20	0.5	1	-
Livianos	0.004	92.38%	17 905	20	0.5	1	243 221.04
<b>Σ</b>							<b>1 901 353.61</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	874	4.88%
C2+ Eje simple trasero	199	1.11%
C2 Eje tádem trasero	147	0.82%
C3	3	0.02%
Bus	141	0.79%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	16 541	92.38%
<b>Total</b>	<b>17 905</b>	

**Figura E - 3 ESAL'S para un periodo de Diseño de 15 años**

<b>TPD=</b>	<b>17 905</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>30.03</b>
% Crecimiento r=	4.08%
Periodo de diseño y=	20

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	4.88%	17 905	30	0.5	1	95 835.62
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.11%	17 905	30	0.5	1	76 177.03
C2 Eje tádem trasero	0.63	0.82%	17 905	30	0.5	1	508 666.00
C3	1.28	0.02%	17 905	30	0.5	1	22 466.96
Bus	2.29	0.79%	17 905	30	0.5	1	1 768 570.96
T3-S2	2.38	0.00%	17 905	30	0.5	1	-
Livianos	0.004	92.38%	17 905	30	0.5	1	362 560.56
<b>Σ</b>							<b>2 834 277.14</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	874	4.88%
C2+ Eje simple trasero	199	1.11%
C2 Eje tádem trasero	147	0.82%
C3	3	0.02%
Bus	141	0.79%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	16 541	92.38%
<b>Total</b>	<b>17 905</b>	

**Figura E - 4 ESAL'S para un periodo de Diseño de 20 años**

**Anexo F. ESAL'S de la Ruta de Travesía N°11506**

<b>TPD=</b>	<b>25 493</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>5.13</b>
% Crecimiento r=	1.28%
Periodo de diseño y=	5

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	3.42%	25 493	5	0.5	1	16 312.35
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.32%	25 493	5	0.5	1	22 039.66
C2 Eje tádem trasero	0.63	0.58%	25 493	5	0.5	1	86 899.24
C3	1.28	0.08%	25 493	5	0.5	1	23 029.20
Bus	2.29	0.26%	25 493	5	0.5	1	144 202.37
T3-S2	2.38	0.00%	25 493	5	0.5	1	-
Livianos	0.004	94.35%	25 493	5	0.5	1	90 065.76
<b>Σ</b>							<b>382 548.58</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	871	3.42%
C2+ Eje simple trasero	336	1.32%
C2 Eje tádem trasero	147	0.58%
C3	19	0.08%
Bus	67	0.26%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	24 052	94.35%
<b>Total</b>	<b>25 493</b>	

**Figura F - 1 ESAL'S para un periodo de Diseño de 5 años**



<b>TPD=</b>	<b>25 493</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>10.60</b>
% Crecimiento r=	1.28%
Periodo de diseño y=	10

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	3.42%	25 493	11	0.5	1	33 695.76
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.32%	25 493	11	0.5	1	45 526.44
C2 Eje tádem trasero	0.63	0.58%	25 493	11	0.5	1	179 504.25
C3	1.28	0.08%	25 493	11	0.5	1	47 570.48
Bus	2.29	0.26%	25 493	11	0.5	1	297 872.99
T3-S2	2.38	0.00%	25 493	11	0.5	1	-
Livianos	0.004	94.35%	25 493	11	0.5	1	186 045.19
<b>Σ</b>							<b>790 215.11</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	871	3.42%
C2+ Eje simple trasero	336	1.32%
C2 Eje tádem trasero	147	0.58%
C3	19	0.08%
Bus	67	0.26%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	24 052	94.35%
<b>Total</b>	<b>25 493</b>	

**Figura F - 2 ESAL'S para un periodo de Diseño de 10 años**

<b>TPD=</b>	<b>25 493</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>16.42</b>
% Crecimiento r=	1.28%
Periodo de diseño y=	15

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	3.42%	25 493	16	0.5	1	52 220.56
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.32%	25 493	16	0.5	1	70 555.35
C2 Eje tándem trasero	0.63	0.58%	25 493	16	0.5	1	278 189.65
C3	1.28	0.08%	25 493	16	0.5	1	73 723.14
Bus	2.29	0.26%	25 493	16	0.5	1	461 633.55
T3-S2	2.38	0.00%	25 493	16	0.5	1	-
Livianos	0.004	94.35%	25 493	16	0.5	1	288 326.58
<b>Σ</b>							<b>1 224 648.82</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	871	3.42%
C2+ Eje simple trasero	336	1.32%
C2 Eje tándem trasero	147	0.58%
C3	19	0.08%
Bus	67	0.26%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	24 052	94.35%
<b>Total</b>	<b>25 493</b>	

**Figura F - 3 ESAL'S para un periodo de Diseño de 15 años**

<b>TPD=</b>	<b>25 493</b>
-------------	---------------

<b>GY=</b>	<b>22.63</b>
% Crecimiento r=	1.28%
Periodo de diseño y=	20

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	3.42%	25 493	23	0.5	1	71 961.68
C2+ Eje simple trasero	0.07	1.32%	25 493	23	0.5	1	97 227.64
C2 Eje tádem trasero	0.63	0.58%	25 493	23	0.5	1	383 354.69
C3	1.28	0.08%	25 493	23	0.5	1	101 592.96
Bus	2.29	0.26%	25 493	23	0.5	1	636 146.55
T3-S2	2.38	0.00%	25 493	23	0.5	1	-
Livianos	0.004	94.35%	25 493	23	0.5	1	397 323.72
<b>Σ</b>							<b>1 687 607.24</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	871	3.42%
C2+ Eje simple trasero	336	1.32%
C2 Eje tádem trasero	147	0.58%
C3	19	0.08%
Bus	67	0.26%
T3-S2	0	0.00%
Livianos	24 052	94.35%
<b>Total</b>	<b>25 493</b>	

**Figura F - 4 ESAL'S para un periodo de Diseño de 20 años**

**Anexo G. ESAL'S de la Ruta de Travesía N°11513**

<b>TPD=</b>	<b>8 610</b>
-------------	--------------

<b>GY=</b>	<b>5.07</b>
% Crecimiento r=	0.67%
Periodo de diseño y=	5

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	42.82%	8 610	5	0.5	1	68 190.64
C2+ Eje simple trasero	0.07	5.92%	8 610	5	0.5	1	32 969.67
C2 Eje tádem trasero	0.63	1.67%	8 610	5	0.5	1	83 979.36
C3	1.28	0.00%	8 610	5	0.5	1	-
Bus	2.29	0.00%	8 610	5	0.5	1	-
T3-S2	2.38	0.15%	8 610	5	0.5	1	28 200.48
Livianos	0.004	49.44%	8 610	5	0.5	1	15 747.24
<b>Σ</b>							<b>229 087.39</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	3 687	42.82%
C2+ Eje simple trasero	509	5.92%
C2 Eje tádem trasero	144	1.67%
C3	0	0.00%
Bus	0	0.00%
T3-S2	13	0.15%
Livianos	4 257	49.44%
<b>Total</b>	<b>8 610</b>	

**Figura G - 1 ESAL'S para un periodo de Diseño de 5 años**

<b>TPD=</b>	<b>8 610</b>
-------------	--------------

<b>GY=</b>	<b>10.31</b>
% Crecimiento r=	0.67%
Periodo de diseño y=	10

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	42.82%	8 610	10	0.5	1	138 696.49
C2+ Eje simple trasero	0.07	5.92%	8 610	10	0.5	1	67 058.73
C2 Eje tádem trasero	0.63	1.67%	8 610	10	0.5	1	170 809.97
C3	1.28	0.00%	8 610	10	0.5	1	-
Bus	2.29	0.00%	8 610	10	0.5	1	-
T3-S2	2.38	0.15%	8 610	10	0.5	1	57 358.41
Livianos	0.004	49.44%	8 610	10	0.5	1	32 029.13
<b>Σ</b>							<b>465 952.73</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	3 687	42.82%
C2+ Eje simple trasero	509	5.92%
C2 Eje tádem trasero	144	1.67%
C3	0	0.00%
Bus	0	0.00%
T3-S2	13	0.15%
Livianos	4 257	49.44%
<b>Total</b>	<b>8 610</b>	

**Figura G - 2 ESAL'S para un periodo de Diseño de 10 años**

<b>TPD=</b>	<b>8 610</b>
-------------	--------------

<b>GY=</b>	<b>15.72</b>
% Crecimiento r=	0.67%
Periodo de diseño y=	15

<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	42.82%	8 610	16	0.5	1	211 596.15
C2+ Eje simple trasero	0.07	5.92%	8 610	16	0.5	1	102 305.18
C2 Eje tádem trasero	0.63	1.67%	8 610	16	0.5	1	260 588.65
C3	1.28	0.00%	8 610	16	0.5	1	-
Bus	2.29	0.00%	8 610	16	0.5	1	-
T3-S2	2.38	0.15%	8 610	16	0.5	1	87 506.31
Livianos	0.004	49.44%	8 610	16	0.5	1	48 863.82
<b>Σ</b>							<b>710 860.11</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	3 687	42.82%
C2+ Eje simple trasero	509	5.92%
C2 Eje tádem trasero	144	1.67%
C3	0	0.00%
Bus	0	0.00%
T3-S2	13	0.15%
Livianos	4 257	49.44%
<b>Total</b>	<b>8 610</b>	

**Figura G - 3 ESAL'S para un periodo de Diseño de 15 años**

<b>TPD=</b>	<b>8 610</b>
-------------	--------------

<b>GY=</b>	<b>21.33</b>
% Crecimiento r=	0.67%
Periodo de diseño y=	20

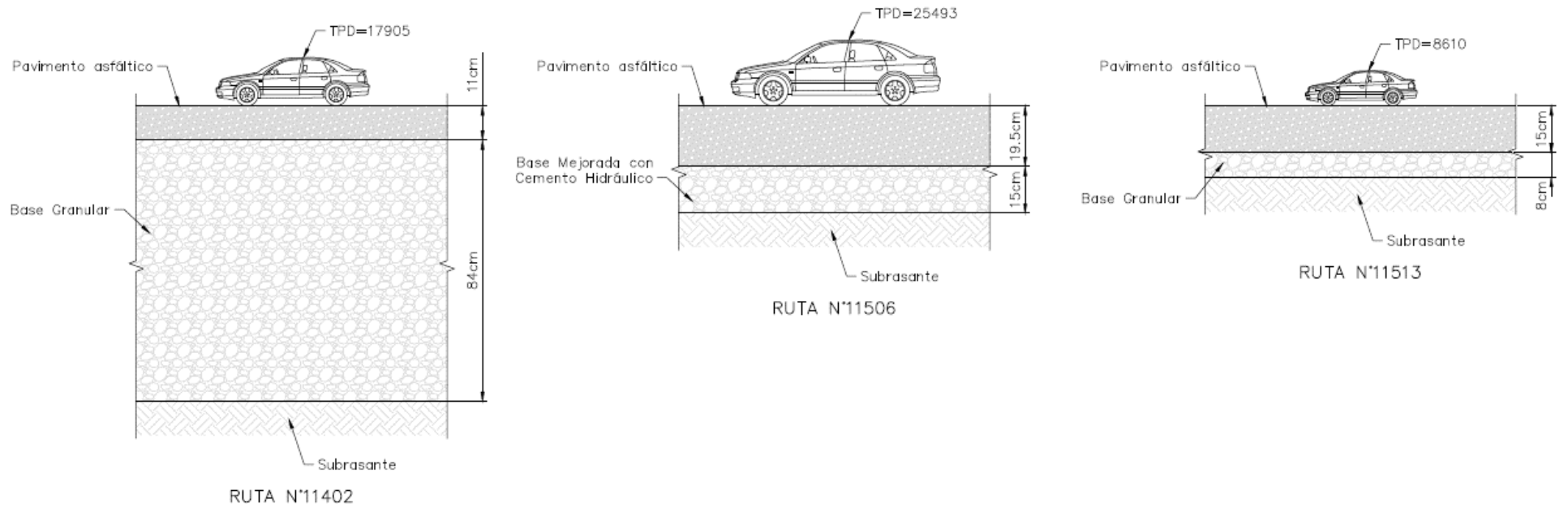
<b>Vehículo</b>	<b>Tf (Factor camión)</b>	<b>%</b>	<b>TPD</b>	<b>GY</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>	<b>ESAL'S</b>
Pick Up	0.02	42.82%	8 610	21	0.5	1	286 970.89
C2+ Eje simple trasero	0.07	5.92%	8 610	21	0.5	1	138 748.31
C2 Eje tádem trasero	0.63	1.67%	8 610	21	0.5	1	353 415.50
C3	1.28	0.00%	8 610	21	0.5	1	-
Bus	2.29	0.00%	8 610	21	0.5	1	-
T3-S2	2.38	0.15%	8 610	21	0.5	1	118 677.80
Livianos	0.004	49.44%	8 610	21	0.5	1	66 270.08
<b>Σ</b>							<b>964 082.57</b>

<b>Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Pick Up	3 687	42.82%
C2+ Eje simple trasero	509	5.92%
C2 Eje tádem trasero	144	1.67%
C3	0	0.00%
Bus	0	0.00%
T3-S2	13	0.15%
Livianos	4 257	49.44%
<b>Total</b>	<b>8 610</b>	

**Figura G - 4 ESAL'S para un periodo de Diseño de 20 años**



**Anexo H. Comparación de Estructura de Pavimentos Final para las tres  
Rutas de Travesía**



**Figura H - 1 Estructura final de pavimentos para las tres rutas de travesía con sus respectivos TPD**

## **Anexo I. Fotografías Ruta de Travesía N°11402**



**Figura I - 1 Superficie Perfilada**



**Figura I - 2 Superficie Perfilada**



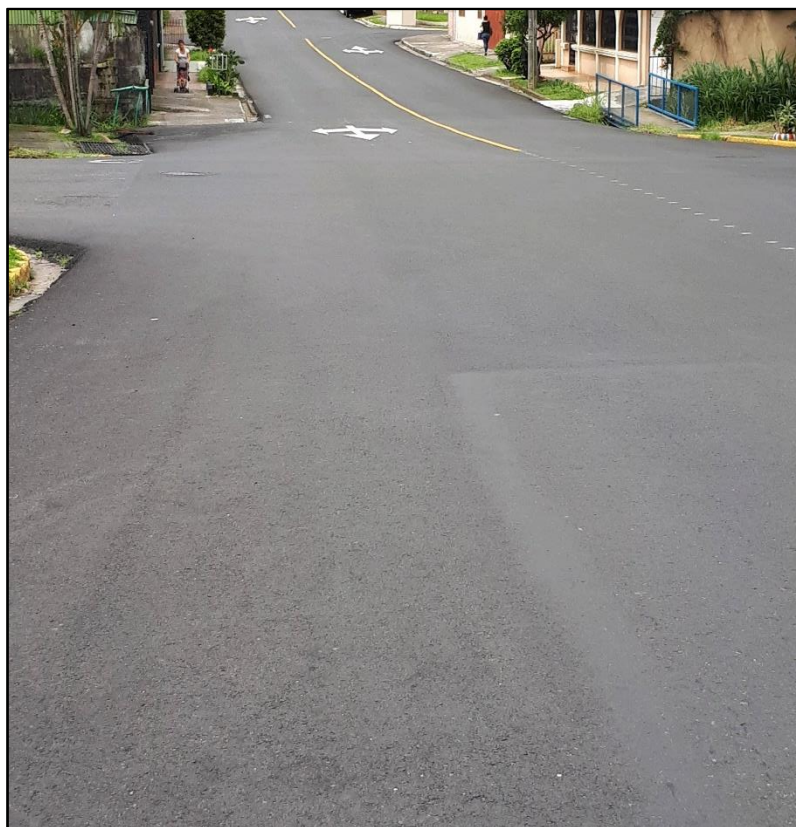
**Figura I - 3 Juntas Transversales y longitudinales**



**Figura I - 4 Colocación de Sobrecapa asfáltica**



**Figura I - 5 Sobrecapa asfáltica colocada**



**Figura I - 6 Sobrecapa asfáltica colocada**

**Anexo J. Fotografías Ruta de Travesía N°11506**



***Figura J - 1 Carpeta asfáltica existente sin base granular y/o mejorada***



***Figura J - 2 Tramo sin sobrecapa por presencia de fuga***





***Figura J - 3 Superficie Perfilada***



***Figura J - 4 Colocación de Sobrecapa asfáltica***



***Figura J - 5 Sobrecapa asfáltica colocada***



***Figura J - 6 Sobrecapa asfáltica colocada***

**Anexo K. Fotografías Ruta de Travesía N°11516**



**Figura K - 1 Alcantarilla de ladrillo colapsada**



**Figura K - 2 Colocación de Sobrecapa asfáltica**



**Figura K - 3 Colocación de Sobrecapa asfáltica**



**Figura K - 4 Sobrecapa asfáltica colocada**

**Anexo L. Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402**







Fecha y hora de medición	Estacionamiento	Ensayo	Presión (kpa)	Carga (KN)	Temp. Aire (°C)	Temp. Pav. (°C)	Factor A	Factor B	Espesor AC (cm)	Profundidad de Interés (mm)	Tprof (°C)	FCT	DEFLEXION (µm)							DEFLEXION NORMALIZADA (µm)						
													D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
20/10/2018 21:35	1+100	1	574.7	40.68	18.1	18.3	-4.73	43.42	10.00	50.00	24.91	0.95	706.2	337.6	251.6	184.5	120.9	89.9	56.3	656.8	314.0	234.0	171.6	112.4	83.6	52.4
20/10/2018 21:35	1+100	2	585.7	41.46	18.3	18.3	-4.73	43.42	10.00	50.00	24.91	0.95	692.1	324.1	249.1	193.7	127	85.4	54	631.6	295.8	227.3	176.8	115.9	77.9	49.3
20/10/2018 21:35	1+100	3	572.8	40.55	18.4	18.6	-4.76	43.70	10.00	50.00	25.08	0.94	712.9	314.4	254.1	184	120.6	81.2	55.1	664.0	292.8	236.7	171.4	112.3	75.6	51.3
	<b>1+100</b>		<b>577.73</b>	<b>40.90</b>	<b>18.27</b>	<b>18.40</b>							<b>703.73</b>	<b>325.37</b>	<b>251.60</b>	<b>187.40</b>	<b>122.83</b>	<b>85.50</b>	<b>55.13</b>	<b>650.80</b>	<b>300.86</b>	<b>232.67</b>	<b>173.25</b>	<b>113.56</b>	<b>79.06</b>	<b>50.99</b>
20/10/2018 21:37	1+150	1	576	40.78	18.2	18.2	-4.72	43.32	10.00	50.00	24.86	0.95	686.7	306.9	231.6	200.5	132	77.4	56.4	637.6	285.0	215.1	186.2	122.6	71.9	52.4
20/10/2018 21:37	1+150	2	585.4	41.44	18.4	18.5	-4.75	43.61	10.00	50.00	25.02	0.94	714.1	319.1	222.4	190.5	133.4	75.9	56.9	651.2	291.0	202.8	173.7	121.6	69.2	51.9
20/10/2018 21:37	1+150	3	582.4	41.23	18.4	18.5	-4.75	43.61	10.00	50.00	25.02	0.94	721.3	312.7	211.2	188.6	126.7	76.6	54.6	661.1	286.6	193.6	172.9	116.1	70.2	50.0
	<b>1+150</b>		<b>581.27</b>	<b>41.15</b>	<b>18.33</b>	<b>18.40</b>							<b>707.37</b>	<b>312.90</b>	<b>221.73</b>	<b>193.20</b>	<b>130.70</b>	<b>76.63</b>	<b>55.97</b>	<b>650.00</b>	<b>287.53</b>	<b>203.82</b>	<b>177.59</b>	<b>120.12</b>	<b>70.43</b>	<b>51.44</b>
20/10/2018 21:39	1+200	1	574.9	40.70	18.6	17.9	-4.69	43.04	10.00	50.00	24.69	0.95	525.6	368	233.5	187.3	102.1	67.1	38.8	489.9	343.0	217.7	174.6	95.2	62.5	36.2
20/10/2018 21:39	1+200	2	560.9	39.71	18.6	18	-4.70	43.14	10.00	50.00	24.74	0.95	515.1	371.7	224.2	196.7	102.1	67.8	38.8	491.8	354.9	214.1	187.8	97.5	64.7	37.0
20/10/2018 21:39	1+200	3	574	40.64	18.5	18.2	-4.72	43.32	10.00	50.00	24.86	0.95	515.1	368	215.2	198.7	97	70.5	40.4	480.0	342.9	200.5	185.1	90.4	65.7	37.6
	<b>1+200</b>		<b>569.93</b>	<b>40.35</b>	<b>18.57</b>	<b>18.03</b>							<b>518.60</b>	<b>369.23</b>	<b>224.30</b>	<b>194.23</b>	<b>100.40</b>	<b>68.47</b>	<b>39.33</b>	<b>487.23</b>	<b>346.94</b>	<b>210.75</b>	<b>182.51</b>	<b>94.35</b>	<b>64.32</b>	<b>36.95</b>
20/10/2018 21:40	1+250	1	569.9	40.35	18.8	18.1	-4.71	43.23	10.00	50.00	24.80	0.95	451.2	382.8	219.6	189.2	94	91.2	53.9	423.7	359.5	206.2	177.7	88.3	85.6	50.6
20/10/2018 21:40	1+250	2	565.1	40.01	18.8	18.4	-4.74	43.51	10.00	50.00	24.97	0.95	437.7	398.1	213.1	185.5	95.9	91.2	52.9	413.7	376.3	201.4	175.3	90.7	86.2	50.0
20/10/2018 21:40	1+250	3	575.8	40.76	18.7	18.3	-4.73	43.42	10.00	50.00	24.91	0.95	442	394.1	202.4	176.2	97.8	89.4	54.4	410.3	365.8	187.9	163.6	90.8	83.0	50.5
	<b>1+250</b>		<b>570.27</b>	<b>40.37</b>	<b>18.77</b>	<b>18.27</b>							<b>443.63</b>	<b>391.67</b>	<b>211.70</b>	<b>183.63</b>	<b>95.90</b>	<b>90.60</b>	<b>53.73</b>	<b>415.92</b>	<b>367.21</b>	<b>198.52</b>	<b>172.20</b>	<b>89.90</b>	<b>84.95</b>	<b>50.37</b>
20/10/2018 21:42	1+300	1	583.3	41.29	18.4	17.6	-4.66	42.76	10.00	50.00	24.52	0.95	599.2	276	193.6	159.1	107.5	74.4	39.9	551.5	254.0	178.2	146.4	98.9	68.5	36.7
20/10/2018 21:42	1+300	2	569.2	40.30	18.6	17.9	-4.69	43.04	10.00	50.00	24.69	0.95	617.1	267.7	203.3	162.3	109.6	77.4	41.5	581.0	252.0	191.4	152.8	103.2	72.9	39.1
20/10/2018 21:42	1+300	3	569	40.28	18.7	18	-4.70	43.14	10.00	50.00	24.74	0.95	604.8	254.3	193.1	162.3	109.6	81.2	39.4	569.2	239.3	181.7	152.8	103.2	76.4	37.1
	<b>1+300</b>		<b>573.83</b>	<b>40.62</b>	<b>18.57</b>	<b>17.83</b>							<b>607.03</b>	<b>266.00</b>	<b>196.67</b>	<b>161.23</b>	<b>108.90</b>	<b>77.67</b>	<b>40.27</b>	<b>567.25</b>	<b>248.47</b>	<b>183.78</b>	<b>150.67</b>	<b>101.76</b>	<b>72.59</b>	<b>37.63</b>

**Figura L - 3 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Moravia - Guadalupe**





Fecha y hora de medición	Estacionamiento	Ensayo	Presión (kpa)	Carga (KN)	Temp. Aire (°C)	Temp. Pav. (°C)	Factor A	Factor B	Espesor AC (cm)	Profundidad de Interés (mm)	Tprof (°C)	FCT	DEFLEXION (µm)							DEFLEXION NORMALIZADA (µm)						
													D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
18/10/2018 22:27	0+175	1	570.4	40.32	19	20	-4.90	45.03	10.00	50.00	25.87	0.94	408.3	271.6	195.4	143.6	106.6	68.4	36.5	379.1	252.1	181.4	133.3	99.0	63.5	33.9
18/10/2018 22:27	0+175	2	574.3	40.59	19.1	20.3	-4.93	45.31	10.00	50.00	26.04	0.93	424.6	285.2	195.4	143.6	109.8	70.5	36.1	390.8	262.5	179.8	132.2	101.1	64.9	33.2
18/10/2018 22:27	0+175	3	553.1	39.10	19.2	20.2	-4.92	45.21	10.00	50.00	25.98	0.93	437.3	290.9	195.4	150.7	109.8	70.5	36.5	418.1	278.2	186.8	144.1	105.0	67.4	34.9
	<b>0+175</b>		<b>565.93</b>	<b>40.00</b>	<b>19.10</b>	<b>20.17</b>							<b>423.40</b>	<b>282.57</b>	<b>195.40</b>	<b>145.97</b>	<b>108.73</b>	<b>69.80</b>	<b>36.37</b>	<b>395.99</b>	<b>264.26</b>	<b>182.69</b>	<b>136.52</b>	<b>101.67</b>	<b>65.27</b>	<b>34.00</b>
18/10/2018 22:28	0+125	1	584.5	41.32	18.8	18.3	-4.73	43.42	10.00	50.00	24.91	0.95	355.3	296.6	222.7	142.7	103.5	69.6	30.6	325.4	271.6	204.0	130.7	94.8	63.7	28.0
18/10/2018 22:28	0+125	2	575.2	40.66	18.6	18.5	-4.75	43.61	10.00	50.00	25.02	0.94	358.8	299.6	213.8	144.1	103.5	67.5	30.3	333.5	278.5	198.7	133.9	96.2	62.7	28.2
18/10/2018 22:28	0+125	3	580.4	41.03	18.8	18.7	-4.77	43.80	10.00	50.00	25.14	0.94	351.7	296.6	218.1	145.6	106.7	65.4	30.3	323.6	272.9	200.6	134.0	98.2	60.2	27.9
	<b>0+125</b>		<b>580.03</b>	<b>41.00</b>	<b>18.73</b>	<b>18.50</b>							<b>355.27</b>	<b>297.60</b>	<b>218.20</b>	<b>144.13</b>	<b>104.57</b>	<b>67.50</b>	<b>30.40</b>	<b>327.49</b>	<b>274.33</b>	<b>201.11</b>	<b>132.86</b>	<b>96.39</b>	<b>62.22</b>	<b>28.02</b>
18/10/2018 22:30	0+075	1	573.8	40.56	18.9	18.2	-4.72	43.32	10.00	50.00	24.86	0.95	414.5	268.8	180	111.5	53.3	40.1	28.8	387.0	250.9	168.0	104.1	49.8	37.4	26.9
18/10/2018 22:30	0+075	2	576.9	40.78	18.6	18.3	-4.73	43.42	10.00	50.00	24.91	0.95	422.7	282.2	181.8	113.7	53.9	39.3	27.7	392.2	261.9	168.7	105.5	50.0	36.5	25.7
18/10/2018 22:30	0+075	3	584.5	41.32	19	18.4	-4.74	43.51	10.00	50.00	24.97	0.95	422.7	296.4	180	112.6	53.3	40	28.2	386.9	271.3	164.8	103.1	48.8	36.6	25.8
	<b>0+075</b>		<b>578.40</b>	<b>40.88</b>	<b>18.83</b>	<b>18.30</b>							<b>419.97</b>	<b>282.47</b>	<b>180.60</b>	<b>112.60</b>	<b>53.50</b>	<b>39.80</b>	<b>28.23</b>	<b>388.69</b>	<b>261.36</b>	<b>167.16</b>	<b>104.22</b>	<b>49.52</b>	<b>36.84</b>	<b>26.13</b>
18/10/2018 22:32	0+025	1	579.4	40.96	18.8	17.9	-4.69	43.04	10.00	50.00	24.69	0.95	461.1	271.4	246.6	162	137.5	53.7	40.8	427.1	251.4	228.4	150.1	127.4	49.7	37.8
18/10/2018 22:32	0+025	2	574	40.57	18.8	18.2	-4.72	43.32	10.00	50.00	24.86	0.95	447.3	282.3	241.6	162	130.6	56.4	42	417.4	263.4	225.5	151.2	121.9	52.6	39.2
18/10/2018 22:32	0+025	3	568.1	40.16	19	17.9	-4.69	43.04	10.00	50.00	24.69	0.95	447.3	273.8	229.6	165.2	126.7	59.2	42	422.6	258.7	216.9	156.1	119.7	55.9	39.7
	<b>0+025</b>		<b>573.83</b>	<b>40.56</b>	<b>18.87</b>	<b>18.00</b>							<b>451.90</b>	<b>275.83</b>	<b>239.27</b>	<b>163.07</b>	<b>131.60</b>	<b>56.43</b>	<b>41.60</b>	<b>422.37</b>	<b>257.84</b>	<b>223.60</b>	<b>152.44</b>	<b>122.98</b>	<b>52.77</b>	<b>38.89</b>

**Figura L - 6 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11402 Sentido Guadalupe - Moravia**

**Anexo M. Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506**





Fecha y hora de medición	Estacionamiento	Ensayo	Presión (kpa)	Carga (KN)	Temp. Aire (°C)	Temp. Pav. (°C)	Factor A	Factor B	Espesor AC (cm)	Profundidad de Interés (mm)	Tprof (°C)	FCT	DEFLEXION (µm)							DEFLEXION NORMALIZADA (µm)						
													D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
18/10/2018 23:39	1+100	1	571.6	40.47	17.7	16.7	-4.58	41.91	19.50	97.50	20.95	0.97	814.3	478.2	368.3	232	144.7	108	66.5	782.2	459.4	353.8	222.9	139.0	103.7	63.9
18/10/2018 23:39	1+100	2	570.9	40.42	17.7	16.6	-4.57	41.81	19.50	97.50	20.90	0.97	814.3	483	360.9	222.7	146.2	109.1	67.9	784.4	465.2	347.6	214.5	140.8	105.1	65.4
18/10/2018 23:39	1+100	3	570	40.35	17.8	16.8	-4.59	42.00	19.50	97.50	21.00	0.97	798	497.5	368.1	213.8	143.3	112.3	66.5	767.6	478.5	354.1	205.6	137.8	108.0	64.0
	<b>1+100</b>		<b>570.83</b>	<b>40.41</b>	<b>17.73</b>	<b>16.70</b>							<b>808.87</b>	<b>486.23</b>	<b>365.77</b>	<b>222.83</b>	<b>144.73</b>	<b>109.80</b>	<b>66.97</b>	<b>778.05</b>	<b>467.71</b>	<b>351.83</b>	<b>214.34</b>	<b>139.22</b>	<b>105.62</b>	<b>64.42</b>
18/10/2018 23:40	1+150	1	564.2	39.94	18	16.8	-4.59	42.00	19.50	97.50	21.00	0.97	966.6	388.8	336.8	194.2	132.2	70.3	61.4	939.3	377.8	327.3	188.7	128.5	68.3	59.7
18/10/2018 23:41	1+150	2	576.5	40.81	17.8	16.9	-4.59	42.10	19.50	97.50	21.05	0.97	1005.3	388.8	323.4	198.1	129.6	73.8	63.8	954.6	369.2	307.1	188.1	123.1	70.1	60.6
18/10/2018 23:41	1+150	3	565.7	40.05	17.9	16.9	-4.59	42.10	19.50	97.50	21.05	0.97	975.1	377.2	313.7	194.2	134.8	71.6	63.2	943.6	365.0	303.6	187.9	130.4	69.3	61.2
	<b>1+150</b>		<b>568.80</b>	<b>40.27</b>	<b>17.90</b>	<b>16.87</b>							<b>982.33</b>	<b>384.93</b>	<b>324.63</b>	<b>195.50</b>	<b>132.20</b>	<b>71.90</b>	<b>62.80</b>	<b>945.85</b>	<b>370.68</b>	<b>312.65</b>	<b>188.25</b>	<b>127.33</b>	<b>69.23</b>	<b>60.47</b>
18/10/2018 23:42	1+200	1	579	40.99	17.6	16.5	-4.56	41.72	19.50	97.50	20.85	0.97	493.7	331.9	255.6	193.5	114.2	72	40.9	469.6	315.7	243.1	184.1	108.6	68.5	38.9
18/10/2018 23:42	1+200	2	573.2	40.58	17.7	16.9	-4.59	42.10	19.50	97.50	21.05	0.97	503.6	335.2	265.8	185.7	116.5	71.3	41.3	481.0	320.1	253.9	177.4	111.3	68.1	39.4
18/10/2018 23:42	1+200	3	570.8	40.41	17.9	17	-4.60	42.19	19.50	97.50	21.10	0.97	498.6	335.2	257.8	187.6	122.3	69.2	43	477.5	321.0	246.9	179.7	117.1	66.3	41.2
	<b>1+200</b>		<b>574.33</b>	<b>40.66</b>	<b>17.73</b>	<b>16.80</b>							<b>498.63</b>	<b>334.10</b>	<b>259.73</b>	<b>188.93</b>	<b>117.67</b>	<b>70.83</b>	<b>41.73</b>	<b>476.02</b>	<b>318.95</b>	<b>247.95</b>	<b>180.35</b>	<b>112.34</b>	<b>67.62</b>	<b>39.84</b>
18/10/2018 23:44	1+250	1	569.1	40.29	17.8	16.8	-4.59	42.00	19.50	97.50	21.00	0.97	480.2	461.9	244.5	176.5	76.8	64.6	42.1	462.6	445.0	235.5	170.0	74.0	62.2	40.6
18/10/2018 23:44	1+250	2	564.8	39.98	17.9	16.9	-4.59	42.10	19.50	97.50	21.05	0.97	504.3	452.6	244.5	176.5	76	67.8	42.1	488.8	438.7	237.0	171.1	73.7	65.7	40.8
18/10/2018 23:44	1+250	3	572.6	40.54	18.1	17.1	-4.61	42.29	19.50	97.50	21.15	0.97	489.1	457.1	251.8	180.3	75.2	67.8	41.7	466.2	435.7	240.0	171.9	71.7	64.6	39.7
	<b>1+250</b>		<b>568.83</b>	<b>40.27</b>	<b>17.93</b>	<b>16.93</b>							<b>491.20</b>	<b>457.20</b>	<b>246.93</b>	<b>177.77</b>	<b>76.00</b>	<b>66.73</b>	<b>41.97</b>	<b>472.54</b>	<b>439.80</b>	<b>237.52</b>	<b>170.99</b>	<b>73.11</b>	<b>64.19</b>	<b>40.37</b>
18/10/2018 23:46	1+300	1	572.4	40.52	17.5	17.8	-4.68	42.95	19.50	97.50	21.50	0.96	364.5	217.6	140.3	85.3	48.8	45.2	28.8	343.9	205.3	132.4	80.5	46.0	42.6	27.2
18/10/2018 23:46	1+300	2	575.1	40.71	17.8	18	-4.70	43.14	19.50	97.50	21.60	0.95	364.5	224.1	143.1	82.7	48.8	47	29.6	341.3	209.8	134.0	77.4	45.7	44.0	27.7
18/10/2018 23:46	1+300	3	573.2	40.58	17.6	18.1	-4.71	43.23	19.50	97.50	21.65	0.95	364.5	233.1	140.2	80.3	48.4	44.7	28.5	341.9	218.7	131.5	75.3	45.4	41.9	26.7
	<b>1+300</b>		<b>573.57</b>	<b>40.60</b>	<b>17.63</b>	<b>17.97</b>							<b>364.50</b>	<b>224.93</b>	<b>141.20</b>	<b>82.77</b>	<b>48.67</b>	<b>45.63</b>	<b>28.97</b>	<b>342.37</b>	<b>211.27</b>	<b>132.63</b>	<b>77.75</b>	<b>45.71</b>	<b>42.86</b>	<b>27.21</b>
18/10/2018 23:47	1+350	1	569.6	40.32	17.8	17.8	-4.68	42.95	19.50	97.50	21.50	0.96	582.3	322.5	251	169.1	126.7	79.4	37.1	552.1	305.8	238.0	160.3	120.1	75.3	35.2
18/10/2018 23:47	1+350	2	576.4	40.81	17.8	18	-4.70	43.14	19.50	97.50	21.60	0.95	588.1	319.3	253.5	170.8	130.5	76.2	36.3	549.4	298.3	236.8	159.6	121.9	71.2	33.9
18/10/2018 23:47	1+350	3	564.7	39.98	17.9	18.1	-4.71	43.23	19.50	97.50	21.65	0.95	558.7	309.7	248.5	179.4	130.5	75.5	38.1	532.0	294.9	236.6	170.8	124.3	71.9	36.3
	<b>1+350</b>		<b>570.23</b>	<b>40.37</b>	<b>17.83</b>	<b>17.97</b>							<b>576.37</b>	<b>317.17</b>	<b>251.00</b>	<b>173.10</b>	<b>129.23</b>	<b>77.03</b>	<b>37.17</b>	<b>544.50</b>	<b>299.65</b>	<b>237.14</b>	<b>163.57</b>	<b>122.10</b>	<b>72.79</b>	<b>35.12</b>

**Figura M - 3 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Guadalupe - Sabanilla**







Fecha y hora de medición	Estacionamiento	Ensayo	Presión (kpa)	Carga (KN)	Temp. Aire (°C)	Temp. Pav. (°C)	Factor A	Factor B	Espesor AC (cm)	Profundidad de Interés (mm)	Tprof (°C)	FCT	DEFLEXION (µm)							DEFLEXION NORMALIZADA (µm)						
													D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
19/10/2018 0:36	0+225	1	572	40.49	18.4	16.2	-4.53	41.43	19.00	95.00	20.82	0.98	620.9	335.9	271.2	137.6	97.6	71.1	55.1	599.0	324.0	261.6	132.7	94.2	68.6	53.2
19/10/2018 0:36	0+225	2	569.4	40.31	18.2	16.6	-4.57	41.81	19.00	95.00	21.02	0.97	608.4	325.8	268.4	134.9	99.6	74.7	56.2	586.2	313.9	258.6	130.0	96.0	72.0	54.1
19/10/2018 0:36	0+225	3	570.2	40.37	18.4	16.6	-4.57	41.81	19.00	95.00	21.02	0.97	620.6	329.1	260.4	136.2	99.6	76.2	56.2	597.1	316.6	250.5	131.0	95.8	73.3	54.1
	<b>0+225</b>		<b>570.53</b>	<b>40.39</b>	<b>18.33</b>	<b>16.47</b>							<b>616.63</b>	<b>330.27</b>	<b>266.67</b>	<b>136.23</b>	<b>98.93</b>	<b>74.00</b>	<b>55.83</b>	<b>594.06</b>	<b>318.18</b>	<b>256.91</b>	<b>131.25</b>	<b>95.31</b>	<b>71.29</b>	<b>53.79</b>
19/10/2018 0:38	0+175	1	559.7	39.62	18.2	16.4	-4.55	41.62	19.00	95.00	20.92	0.97	422.9	277.8	178.8	127.4	97.7	84.9	50.9	415.7	273.1	175.8	125.2	96.0	83.5	50.0
19/10/2018 0:38	0+175	2	571.2	40.44	18.2	16.2	-4.53	41.43	19.00	95.00	20.82	0.98	444.1	263.9	180.6	128.7	95.8	80.6	52.4	429.0	254.9	174.5	124.3	92.5	77.9	50.6
19/10/2018 0:38	0+175	3	565.2	40.01	18.2	16.4	-4.55	41.62	19.00	95.00	20.92	0.97	435.2	271.9	186.1	128.7	92	76.6	51.4	423.6	264.7	181.2	125.3	89.6	74.6	50.0
	<b>0+175</b>		<b>565.37</b>	<b>40.02</b>	<b>18.20</b>	<b>16.33</b>							<b>434.07</b>	<b>271.20</b>	<b>181.83</b>	<b>128.27</b>	<b>95.17</b>	<b>80.70</b>	<b>51.57</b>	<b>422.78</b>	<b>264.23</b>	<b>177.12</b>	<b>124.95</b>	<b>92.71</b>	<b>78.63</b>	<b>50.23</b>
19/10/2018 0:39	0+125	1	552.7	39.13	18.1	17	-4.60	42.19	19.00	95.00	21.22	0.97	659.7	311.4	250.7	149.6	101.6	90.4	73.2	651.0	307.3	247.4	147.6	100.3	89.2	72.2
19/10/2018 0:39	0+125	2	582.3	41.22	18.4	17.1	-4.61	42.29	19.00	95.00	21.27	0.96	666.3	298.9	253.2	146.6	104.7	94.9	73.9	623.2	279.6	236.8	137.1	97.9	88.8	69.1
19/10/2018 0:40	0+125	3	561.1	39.72	18.1	17	-4.60	42.19	19.00	95.00	21.22	0.97	666.3	304.9	255.7	153.9	101.6	94.9	76.2	647.7	296.4	248.5	149.6	98.8	92.2	74.1
	<b>0+125</b>		<b>565.37</b>	<b>40.02</b>	<b>18.20</b>	<b>17.03</b>							<b>664.10</b>	<b>305.07</b>	<b>253.20</b>	<b>150.03</b>	<b>102.63</b>	<b>93.40</b>	<b>74.43</b>	<b>640.61</b>	<b>294.41</b>	<b>244.25</b>	<b>144.78</b>	<b>98.98</b>	<b>90.07</b>	<b>71.81</b>
19/10/2018 0:41	0+075	1	556.1	39.37	18.1	16.8	-4.59	42.00	19.00	95.00	21.12	0.97	582.8	266.2	178.7	150.9	113.3	101.2	71.5	573.3	261.8	175.8	148.4	111.4	99.5	70.3
19/10/2018 0:41	0+075	2	564.7	39.98	18	16.9	-4.59	42.10	19.00	95.00	21.17	0.97	611.9	252.9	182.3	147.8	119	103.2	73.6	591.9	244.6	176.3	143.0	115.1	99.8	71.2
19/10/2018 0:41	0+075	3	571.4	40.45	18.4	16.9	-4.59	42.10	19.00	95.00	21.17	0.97	599.7	240.2	184.1	153.8	122.6	99.1	74.4	573.3	229.6	176.0	147.0	117.2	94.7	71.1
	<b>0+075</b>		<b>564.07</b>	<b>39.93</b>	<b>18.17</b>	<b>16.87</b>							<b>598.13</b>	<b>253.10</b>	<b>181.70</b>	<b>150.83</b>	<b>118.30</b>	<b>101.17</b>	<b>73.17</b>	<b>579.45</b>	<b>245.35</b>	<b>176.03</b>	<b>146.13</b>	<b>114.58</b>	<b>98.03</b>	<b>70.88</b>
19/10/2018 0:43	0+025	1	560.5	39.68	18.1	17.1	-4.61	42.29	19.00	95.00	21.27	0.96	476.1	281.3	246.4	179.1	136.2	119.2	72.7	462.6	273.3	239.4	174.0	132.3	115.8	70.6
19/10/2018 0:43	0+025	2	573.9	40.63	18.3	17.4	-4.64	42.57	19.00	95.00	21.42	0.96	452.3	278.5	246.4	187.5	135.5	119.2	74.6	427.4	263.1	232.8	177.2	128.0	112.6	70.5
19/10/2018 0:43	0+025	3	574.4	40.66	18.3	17.3	-4.63	42.47	19.00	95.00	21.37	0.96	470.4	281.3	248.8	178.9	139.6	116.8	73.6	444.7	265.9	235.2	169.1	132.0	110.4	69.6
	<b>0+025</b>		<b>569.60</b>	<b>40.32</b>	<b>18.23</b>	<b>17.27</b>							<b>466.27</b>	<b>280.37</b>	<b>247.20</b>	<b>181.83</b>	<b>137.10</b>	<b>118.40</b>	<b>73.63</b>	<b>444.89</b>	<b>267.47</b>	<b>235.81</b>	<b>173.44</b>	<b>130.78</b>	<b>112.96</b>	<b>70.24</b>

**Figura M - 6 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11506 Sentido Sabanilla - Guadalupe**

**Anexo N. Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513**



Fecha y hora de medición	Estacionamiento	Ensayo	Presión (kpa)	Carga (KN)	Temp. Aire (°C)	Temp. Pav. (°C)	Factor A	Factor B	Espesor AC (cm)	Profundidad de Interés (mm)	Tprof (°C)	FCT	DEFLEXION (µm)							DEFLEXION NORMALIZADA (µm)						
													D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
19/10/2018 2:23	0+225	1	581.6	41.17	19.1	18.1	-4.71	43.23	14.00	70.00	23.21	0.94	851.7	621.6	322.2	205.3	183.1	115.8	82.7	779.7	569.0	295.0	187.9	167.6	106.0	75.7
19/10/2018 2:23	0+225	2	579	40.99	19.3	18.4	-4.74	43.51	14.00	70.00	23.37	0.94	834.7	646.4	328.6	214.5	173.9	113.5	81.1	765.3	592.7	301.3	196.7	159.4	104.1	74.4
19/10/2018 2:23	0+225	3	570.2	40.37	19.4	18.6	-4.76	43.70	14.00	70.00	23.48	0.94	859.7	659.4	315.5	230.2	165.2	109	81.1	798.8	612.7	293.2	213.9	153.5	101.3	75.4
	<b>0+225</b>		<b>576.93</b>	<b>40.84</b>	<b>19.27</b>	<b>18.37</b>							<b>848.70</b>	<b>642.47</b>	<b>322.10</b>	<b>216.67</b>	<b>174.07</b>	<b>112.77</b>	<b>81.63</b>	<b>781.26</b>	<b>591.46</b>	<b>296.46</b>	<b>199.50</b>	<b>160.19</b>	<b>103.78</b>	<b>75.14</b>
19/10/2018 2:25	0+175	1	576.9	40.84	19	18.2	-4.72	43.32	14.00	70.00	23.27	0.94	769.9	641.6	387.3	284.6	169.9	134.3	81.7	709.8	591.6	357.1	262.4	156.6	123.8	75.3
19/10/2018 2:25	0+175	2	580	41.06	19	18.2	-4.72	43.32	14.00	70.00	23.27	0.94	793	635.2	402.8	281.8	169.9	137	81.7	727.2	582.5	369.4	258.4	155.8	125.6	74.9
19/10/2018 2:25	0+175	3	570.9	40.42	19.1	18.3	-4.73	43.42	14.00	70.00	23.32	0.94	800.9	622.5	422.9	276.2	178.3	131.5	84.1	745.5	579.4	393.6	257.1	166.0	122.4	78.3
	<b>0+175</b>		<b>575.93</b>	<b>40.77</b>	<b>19.03</b>	<b>18.23</b>							<b>787.93</b>	<b>633.10</b>	<b>404.33</b>	<b>280.87</b>	<b>172.70</b>	<b>134.27</b>	<b>82.50</b>	<b>727.51</b>	<b>584.49</b>	<b>373.37</b>	<b>259.30</b>	<b>159.47</b>	<b>123.95</b>	<b>76.18</b>
19/10/2018 2:27	0+125	1	561.6	39.76	19	17.8	-4.68	42.95	14.00	70.00	23.05	0.95	846	668.6	466.8	168.6	160.6	134.9	64.3	804.4	635.7	443.9	160.3	152.7	128.3	61.1
19/10/2018 2:27	0+125	2	555.5	39.33	19.4	18	-4.70	43.14	14.00	70.00	23.16	0.94	846	671.3	476.1	175.4	163.8	129.5	63	811.7	644.0	456.8	168.3	157.2	124.2	60.4
19/10/2018 2:27	0+125	3	565.1	40.01	19.2	18.2	-4.72	43.32	14.00	70.00	23.27	0.94	871.4	665.9	499.9	171.9	155.6	136	61.7	820.2	626.8	470.5	161.8	146.5	128.0	58.1
	<b>0+125</b>		<b>560.73</b>	<b>39.70</b>	<b>19.20</b>	<b>18.00</b>							<b>854.47</b>	<b>668.60</b>	<b>480.93</b>	<b>171.97</b>	<b>160.00</b>	<b>133.47</b>	<b>63.00</b>	<b>812.09</b>	<b>635.52</b>	<b>457.05</b>	<b>163.46</b>	<b>152.11</b>	<b>126.84</b>	<b>59.89</b>
19/10/2018 2:29	0+075	1	562.1	39.79	19	17.6	-4.66	42.76	14.00	70.00	22.95	0.95	647.8	416.4	270.2	203.8	137.7	98	54.1	616.6	396.4	257.2	194.0	131.1	93.3	51.5
19/10/2018 2:29	0+075	2	583.3	41.29	19	18	-4.70	43.14	14.00	70.00	23.16	0.94	650.2	427.3	261.7	205.9	140.4	94.1	52	594.1	390.4	239.1	188.1	128.3	86.0	47.5
19/10/2018 2:29	0+075	3	564.4	39.96	19.1	18.2	-4.72	43.32	14.00	70.00	23.27	0.94	647.7	434.1	268.2	199.7	139	93.2	49.9	610.4	409.1	252.8	188.2	131.0	87.8	47.0
	<b>0+075</b>		<b>569.93</b>	<b>40.35</b>	<b>19.03</b>	<b>17.93</b>							<b>648.57</b>	<b>425.93</b>	<b>266.70</b>	<b>203.13</b>	<b>139.03</b>	<b>95.10</b>	<b>52.00</b>	<b>607.03</b>	<b>398.63</b>	<b>249.69</b>	<b>190.11</b>	<b>130.12</b>	<b>89.03</b>	<b>48.68</b>
19/10/2018 2:31	0+025	1	561.6	39.76	19.3	18	-4.70	43.14	14.00	70.00	23.16	0.94	872.3	523.9	302.8	234.2	166.5	120	58.5	827.8	497.2	287.4	222.3	158.0	113.9	55.5
19/10/2018 2:31	0+025	2	575.6	40.75	19.1	18	-4.70	43.14	14.00	70.00	23.16	0.94	881	511	304.9	224.9	164.8	126.1	59.7	815.7	473.1	282.3	208.2	152.6	116.8	55.3
19/10/2018 2:31	0+025	3	567.8	40.20	19.4	18.2	-4.72	43.32	14.00	70.00	23.27	0.94	889.8	501.6	309	215.9	166.4	129.8	61.5	833.5	469.9	289.5	202.2	155.9	121.6	57.6
	<b>0+025</b>		<b>568.33</b>	<b>40.23</b>	<b>19.27</b>	<b>18.07</b>							<b>881.03</b>	<b>512.17</b>	<b>305.57</b>	<b>225.00</b>	<b>165.90</b>	<b>125.30</b>	<b>59.90</b>	<b>825.69</b>	<b>480.06</b>	<b>286.37</b>	<b>210.91</b>	<b>155.49</b>	<b>117.41</b>	<b>56.13</b>

**Figura N - 2 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513 Sentido Alma Máter - Sabanilla**



Fecha y hora de medición	Estacionamiento	Ensayo	Presión (kpa)	Carga (KN)	Temp. Aire (°C)	Temp. Pav. (°C)	Factor A	Factor B	Espesor AC (cm)	Profundidad de Interés (mm)	Tprof (°C)	FCT	DEFLEXION (µm)							DEFLEXION NORMALIZADA (µm)						
													D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
19/10/2018 1:39	0+550	1	560.5	39.68	18.2	18.6	-4.76	43.70	15.50	77.50	22.99	0.94	474.1	394.7	362.1	320.9	268.4	165.1	111.6	448.2	373.1	342.3	303.3	253.7	156.1	105.5
19/10/2018 1:40	0+550	2	571.9	40.49	18.3	18.8	-4.78	43.89	15.50	77.50	23.10	0.94	464.6	402.6	360	327.3	265.7	165.1	112.7	429.5	372.2	332.8	302.6	245.6	152.6	104.2
19/10/2018 1:40	0+550	3	566.4	40.10	18.2	19	-4.80	44.08	15.50	77.50	23.20	0.93	460	382.4	360	340.4	273.7	166.8	116.1	428.4	356.1	335.3	317.0	254.9	155.3	108.1
	<b>0+550</b>		<b>566.27</b>	<b>40.09</b>	<b>18.23</b>	<b>18.80</b>							<b>466.23</b>	<b>393.23</b>	<b>360.70</b>	<b>329.53</b>	<b>269.27</b>	<b>165.67</b>	<b>113.47</b>	<b>435.34</b>	<b>367.13</b>	<b>336.78</b>	<b>307.64</b>	<b>251.41</b>	<b>154.67</b>	<b>105.93</b>
19/10/2018 1:41	0+600	1	544.9	38.58	17.4	18	-4.70	43.14	15.50	77.50	22.68	0.94	735.1	650.4	543	339.2	206.9	138.3	109	719.6	636.7	531.6	332.1	202.5	135.4	106.7
19/10/2018 1:42	0+600	2	548.3	38.82	17.3	18.3	-4.73	43.42	15.50	77.50	22.84	0.94	713.1	656.9	526.7	332.4	200.7	138.3	113.3	691.4	636.9	510.7	322.3	194.6	134.1	109.9
19/10/2018 1:42	0+600	3	544	38.51	17.5	18.4	-4.74	43.51	15.50	77.50	22.89	0.94	698.8	643.8	547.8	342.4	206.7	131.3	115.6	682.1	628.5	534.7	334.2	201.8	128.2	112.8
	<b>0+600</b>		<b>545.73</b>	<b>38.63</b>	<b>17.40</b>	<b>18.23</b>							<b>715.67</b>	<b>650.37</b>	<b>539.17</b>	<b>338.00</b>	<b>204.77</b>	<b>135.97</b>	<b>112.63</b>	<b>697.72</b>	<b>634.03</b>	<b>525.66</b>	<b>329.53</b>	<b>199.64</b>	<b>132.55</b>	<b>109.80</b>
19/10/2018 1:43	0+650	1	559.9	39.64	17.5	18.2	-4.72	43.32	15.50	77.50	22.79	0.94	562.9	437.8	409.8	356.9	207.2	156.1	78.9	535.1	416.2	389.5	339.3	197.0	148.4	75.0
19/10/2018 1:44	0+650	2	554.3	39.24	17.6	18.3	-4.73	43.42	15.50	77.50	22.84	0.94	551.6	437.8	399.6	346.2	198.9	156.1	82.1	529.0	419.9	383.3	332.0	190.8	149.7	78.7
19/10/2018 1:44	0+650	3	552.8	39.13	17.8	18.4	-4.74	43.51	15.50	77.50	22.89	0.94	540.6	415.9	404.6	328.8	196.9	149.8	84.5	519.3	399.5	388.7	315.9	189.1	143.9	81.2
	<b>0+650</b>		<b>555.67</b>	<b>39.34</b>	<b>17.63</b>	<b>18.30</b>							<b>551.70</b>	<b>430.50</b>	<b>404.67</b>	<b>343.97</b>	<b>201.00</b>	<b>154.00</b>	<b>81.83</b>	<b>527.81</b>	<b>411.86</b>	<b>387.16</b>	<b>329.05</b>	<b>192.29</b>	<b>147.33</b>	<b>78.31</b>
19/10/2018 1:45	0+700	1	556.5	39.40	17.7	17	-4.60	42.19	15.50	77.50	22.16	0.95	599.2	454.4	334.4	240.8	205.7	116.4	77.2	580.8	440.5	324.1	233.4	199.4	112.8	74.8
19/10/2018 1:46	0+700	2	559	39.57	18.1	17.2	-4.62	42.38	15.50	77.50	22.26	0.95	611.2	449.9	317	231.1	199.5	115.3	80.3	588.5	433.2	305.2	222.5	192.1	111.0	77.3
19/10/2018 1:46	0+700	3	562.1	39.79	18.1	17.2	-4.62	42.38	15.50	77.50	22.26	0.95	592.8	427.4	337.9	231.1	203.5	113	81.9	567.6	409.2	323.5	221.3	194.9	108.2	78.4
	<b>0+700</b>		<b>559.20</b>	<b>39.59</b>	<b>17.97</b>	<b>17.13</b>							<b>601.07</b>	<b>443.90</b>	<b>329.77</b>	<b>234.33</b>	<b>202.90</b>	<b>114.90</b>	<b>79.80</b>	<b>578.97</b>	<b>427.63</b>	<b>317.64</b>	<b>225.74</b>	<b>195.44</b>	<b>110.68</b>	<b>76.86</b>
19/10/2018 1:48	0+750	1	576.6	40.82	17.8	17.1	-4.61	42.29	15.50	77.50	22.21	0.95	662.6	519.1	373.5	271	193.2	103.7	86.3	619.2	485.1	349.0	253.2	180.5	96.9	80.6
19/10/2018 1:48	0+750	2	560.5	39.68	18.1	17.5	-4.65	42.66	15.50	77.50	22.42	0.95	649.4	519.1	384.7	281.8	183.5	99.6	90.6	621.5	496.8	368.2	269.7	175.6	95.3	86.7
19/10/2018 1:48	0+750	3	566.8	40.13	18.3	17.3	-4.63	42.47	15.50	77.50	22.32	0.95	668.9	524.2	403.9	270.6	190.8	100.5	94.2	634.5	497.2	383.1	256.7	181.0	95.3	89.4
	<b>0+750</b>		<b>567.97</b>	<b>40.21</b>	<b>18.07</b>	<b>17.30</b>							<b>660.30</b>	<b>520.80</b>	<b>387.37</b>	<b>274.47</b>	<b>189.17</b>	<b>101.27</b>	<b>90.37</b>	<b>625.05</b>	<b>493.03</b>	<b>366.77</b>	<b>259.87</b>	<b>179.05</b>	<b>95.85</b>	<b>85.57</b>
19/10/2018 1:50	0+800	1	572.8	40.55	17.7	18.3	-4.73	43.42	15.50	77.50	22.84	0.94	741.3	451.1	407.1	210.3	125.8	99.1	59.5	688.0	418.7	377.8	195.2	116.8	92.0	55.2
19/10/2018 1:50	0+800	2	567.4	40.17	17.8	18.4	-4.74	43.51	15.50	77.50	22.89	0.94	704.2	460.1	415.3	208.2	124.5	99.1	61.9	659.1	430.6	388.7	194.9	116.5	92.7	57.9
19/10/2018 1:50	0+800	3	560	39.64	18	18.6	-4.76	43.70	15.50	77.50	22.99	0.94	739.4	483.1	419.4	210.3	128.3	95.2	63.1	699.6	457.1	396.8	199.0	121.4	90.1	59.7
	<b>0+800</b>		<b>566.73</b>	<b>40.12</b>	<b>17.83</b>	<b>18.43</b>							<b>728.30</b>	<b>464.77</b>	<b>413.93</b>	<b>209.60</b>	<b>126.20</b>	<b>97.80</b>	<b>61.50</b>	<b>682.22</b>	<b>435.46</b>	<b>387.78</b>	<b>196.34</b>	<b>118.22</b>	<b>91.60</b>	<b>57.62</b>

**Figura N - 4 Continuación Deflectometría Final, Ruta de Travesía N°11513 Sentido Sabanilla - Alma Máter**



### **Anexo O. Tabla para Estimación de vida útil**



