

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.



DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER – LA MESA
CUNDINAMARCA POR MEDIO DE EQUIPOS DE ULTIMA TEGNOLOGÍA

LUIS CARLOS MURCIA GALINDO

YOVANI CALDERÓN SERRANO

JUAN SEBASTIAN CUELLAR QUEVEDO

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede / Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2019

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER – LA MESA
CUNDINAMARCA POR MEDIO DE EQUIPOS DE ULTIMA TEGNOLOGÍA

LUIS CARLOS MURCIA GALINDO

YOVANI CALDERÓN SERRANO

JUAN SEBASTIAN CUELLAR QUEVEDO

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Juan Pablo Álvarez Velandia
Ingeniero Civil

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede / Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2019

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedicamos primeramente a Dios todopoderoso que siempre ilumina nuestro camino y nuestras vidas, para hacer de nosotros personas de bien. También se lo dedicamos a nuestras familias por el incondicional apoyo aun en los momentos más difíciles.

El autor Luis Murcia dedica este trabajo a su madre Lucila Galindo, a sus hijos Andrés y Samuel, pues ellos son el motor de su vida, a su esposa quien siempre estuvo a su lado brindando su especial apoyo durante el transcurso de la carrera.

El autor Yovani Calderón les dedica este trabajo a sus padres José Bernardo Calderón y María Luisa Serrano, a sus hermanos y amiga Diana Acosta, pues ellos le brindaron apoyo incondicional en los momentos más difíciles cuando se presentaron obstáculos en el camino.

El autor Juan Cuellar agradece primeramente a Dios por permitirle estar con su familia, también agradece a sus padres que siempre están brindándole incondicional apoyo, y agradece a la corporación Uniminuto por ser parte guía de este camino a ser profesional.

Agradecimientos

Agradecemos a la Corporación Universitaria Minuto de Dios, por brindarnos educación de calidad al alcance de nuestros recursos.

A nuestras familias por siempre estar apoyándonos para poder cumplir nuestros sueños

A todos los profesores con los que tuvimos la oportunidad de recibir clases, por transmitirnos sus conocimientos, y hacer de nosotros unos profesionales íntegros, en especial al Ingeniero Juan Pablo Álvarez Velandia, quien fue nuestro director de trabajo de grado, y siempre estuvo brindándonos su incondicional apoyo.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Nota de aprobación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Girardot, noviembre de 2019

CONTENIDO

RESUMEN.....	11
PALABRAS CLAVE.....	11
ABSTRACT.....	12
KEYWORD.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 DELIMITACION DEL PROBLEMA:	16
1.2 Pregunta de investigación	18
1.3 Hipótesis	18
2 Justificación:.....	18
3 OBJETIVOS.....	19
3.1 Objetivo General	19
3.2 Objetivos Específicos	19
4 MARCO REFERENCIAL	20
4.1 Marco Teórico:.....	20
4.1.1 Fallas en pavimentos asfálticos:.....	20
4.1.2 Auscultación De Carreteras.	21
4.1.3 Índice De Regularidad Internacional (I.R.I.)	22
4.1.4 Ahuellamientos	25
4.1.5 Textura.....	27
4.1.6 Resistencia al Deslizamiento	28
4.1.7 Equipos Para Medir La Resistencia Al Deslizamiento.....	29
4.1.8 Equipos y aparatos para determinar el Índice de Regularidad Internacional (IRI)..	31
4.1.9 Cálculo Del Índice De Estado.....	35
4.2 Normatividad Técnica	38
4.2.1 NORMA INV-789-13	38
4.2.2 NORMA INV-E-790-13.....	45
4.2.3 NORMA INVIAS INV-791-13	48
4.2.4 NORMA INVIAS INV E-813-13	50
4.2.5 NORMA INVIAS INV-E-815-13.....	50
4.3 Marco Conceptual:	59

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

4.4	Estado De Arte	64
5	METODOLOGIA.....	65
5.1	Diseño Metodológico	65
5.2	Alcance	66
5.3	Unidad de análisis	66
5.4	Técnicas E Instrumentos De Recolección De Información	67
6	RESULTADOS	68
6.1	ACTIVIDADES REALIZADAS	68
6.2	DETERMINACION DEL INDICE DE DETERIORO CON METODO VIZIR.....	69
6.2.1	Visitas de campo	69
6.2.2	Investigación de antecedentes.....	70
6.2.3	Levantamiento de deterioros superficiales mediante método VIZIR.....	71
6.2.4	Tabulación y análisis de la información	87
6.3	CALCULO DE COSTOS DE AUSCULTACION DE LA VIA CON METODOS MANUALES.....	94
6.3.1	Estimación de Costos del Análisis Realizado Mediante Método VIZIR.	95
6.3.2	Estimativo De Costos Para Medición Del Índice De Rugosidad Internacional (IRI) De Forma Manual.....	96
6.3.3	Estimativo De Costos Para Determinación Del Coeficiente De Resistencia Al Deslizamiento y Textura Con Método Manual	98
6.3.4	Estimativo De Costos De Alquiler De Equipos Y Compra De Herramienta Menor 99	
6.3.5	Costos totales de los métodos manuales para auscultación de la vía.....	100
6.4	RECOLECCION DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESTADO CON EQUIPOS DE ULTIMA TEGNOLOGIA.....	100
6.4.1	Índice De Rugosidad Internacional IRI Con Equipo Láser	101
6.4.2	Medida De Ahuellamiento Mediante Registrador De Perfil Transversal TPL 2G	106
6.4.3	Medición De La Textura Mediante Viga TPL.....	108
6.4.4	Medición Y Evaluación De Grietas Y Fisuras Mediante Cámaras De Alta Resolución.....	108
6.4.5	Medida De Coeficiente De Resistencia Al Deslizamiento (CRD) Con Equipo De Alto Rendimiento (CFT) CONTINUOUS FRICTION TESTER (MU METER).....	113
6.5	RESULTADOS DE MEDICIONES CON EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO... 118	
6.5.1	Resultados Del Índice De Regularidad Internacional (IRI).....	118
6.5.2	Resultados Del Parámetro De Fisuras	122
6.5.3	Resultados De Resistencia Al Deslizamiento	124

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

6.5.4	Resultados De Medición De Ahuellamientos	126
6.5.5	Resultados De Medición De Textura	129
6.5.6	Índice De Estado Resultante	131
6.5.7	Comparación de costos entre los métodos manuales y con equipos de alto rendimiento.....	133
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
8	Referencias	138

Lista de Tablas

Tabla 1.	Relación de los Parámetros que Intervienen en el Cálculo del Índice de Estado.....	36
Tabla 2,	Rango de Calificación por Elemento o Variable para corredores principales	37
Tabla 3,	Rango de Calificación por Elemento o Variable para la vías regionales.....	37
Tabla 4,	Factor de Influencia por Parámetro o Variable para el corredor principal	38
Tabla 5,	Factor de Influencia por Parámetro o Variable para las vías regionales.....	38
Tabla 6.	Deterioros tipo "A"	72
Tabla 7.	Deterioros tipo "B"	72
Tabla 8.	Niveles de gravedad de los deterioros tipo "A"	73
Tabla 9.	Niveles de gravedad de los deterioros tipo "B"	74
Tabla 10.	Símbolos Para el registro de los deterioros en pavimentos asfálticos para carreteras. ..	86
Tabla 11.	Tabla para determinar el índice de fisuración	88
Tabla 12.	Tabla para determinar el índice de deformación	88
Tabla 13.	Resultados del Análisis Mediante Método "VIZIR"	94
Tabla 14.	Costos del personal de comisión de campo para análisis de 500 metros.....	95
Tabla 15.	Estimativo de Costos de Personal para Determinación del IRI manualmente	97
Tabla 16.	Costos de personal para determinación de resistencia al deslizamiento	98
Tabla 17.	Estimación de costos de herramienta menor y alquiler de equipos para auscultación ..	99
Tabla 18.	Totalización de costos para un total de 4573 metros de auscultación de vía.	100
Tabla 19.	Resumen de IRI por Kilometro.....	121
Tabla 20.	Resumen de porcentaje de grietas y fisuras por Kilómetro.....	122
Tabla 21.	Resumen de datos de Resistencia al deslizamiento por kilómetro	124
Tabla 22.	Resumen de relación de ahuellamientos por kilómetro de vía.	128
Tabla 23.	Resumen de Macrotextura por kilómetro,.....	129
Tabla 24.	Rangos de calificación por parámetros	132
Tabla 25.	Determinación del índice de estado con calificación por tramo y factor de ponderación.	132
Tabla 26.	Calificación de la vía San Javier –La Mesa Cundinamarca	133

Lista de figuras

Fig. 1. Geolocalización del municipio de La Mesa Cundinamarca	17
Fig. 2. Tramo carretera La Mesa Cundinamarca – San Javier	17
Fig. 3. Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.	24
Fig. 4. Grafica típica del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.	25
Fig. 5. Diferencia entre la Microtextura y la Macrotextura	28
Fig. 6. Péndulo Británico	30
Fig. 7. Equipo Mu Meter	31
Fig. 8. Diagrama del perfilómetro estático MERLIN.....	32
Fig. 9. Medición del IRI, Km 2, vía Girardot – Mosquera, Octubre 2019.....	33
Fig. 10. Auscultación con Rugosímetro Merlín, vía Girardot – Mosquera, Octubre 2019.....	33
Fig. 11. Regla como elemento para medir la profundidad del ahuellamiento	41
Fig. 12. Cuña graduada como elemento para medir la profundidad del ahuellamiento	41
Fig. 13. Medida de la profundidad de una huella empleando una regla.	43
Fig. 14. Perfilógrafo transversal.....	43
Fig. 15. Registro de un perfilógrafo transversal.....	44
Fig. 16. Perfilómetro portátil.....	44
Fig. 17. Elementos para medir la profundidad de la Macrotextura superficial.....	49
Fig. 18. Equipos de medida con rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo,	52
Fig. 19. Tramo vía San Javier- La Mesa Cundinamarca, objeto de estudio	70
Fig. 20. Numeración de carriles según convención de norma inv. E-813-13.....	75
Fig. 21. Formato “B1” para registro manual de fallas.....	76
Fig. 22. Elementos de seguridad utilizados para el realizar el levantamiento de fallas en la carretera	78
Fig. 23. Fallas más comunes encontradas en la inspección visual del pavimento asfaltico.	79
Fig. 24. proceso de medición para división y demarcación de cada tramo, mediante la utilización de un odómetro y pintura.	80
Fig. 25. Proceso de levantamiento de fallas en pavimento flexible de la vía La Mesa – San Javier	80
Fig. 26. Proceso de levantamiento de fallas en pavimento flexible de la vía La Mesa – San Javier	81
Fig. 27. Equipo utilizado para el levantamiento de fallas, odómetro, planilla, cinta métrica, regla topografía y cámara fotográfica.	83
Fig. 28. Formato Para Registro De Deterioros En Pavimentos Flexibles	84
Fig. 29. Ejemplo de registro de deterioros.....	85
Fig. 30. Determinación del índice de deterioro superficial	89
Fig. 31. Resumen de fallas tipo “A” del carril “1” mediante Formato B2 del INVIAS.....	90
Fig. 32. Cálculo del índice de deterioro del carril “1” mediante formato “B4” del INVIAS	91
Fig. 33. Resumen de fallas tipo “A” del carril “2” mediante Formato B2 del INVIAS.....	92
Fig. 34. Cálculo del índice de deterioro del carril “2” mediante formato “B4” del INVIAS	93
Fig. 35. Vehículo equipado con Perfilómetros láser utilizados en la auscultación	102
Fig. 36. Vista general del interior del vehículo de medición del IRI	103
Fig. 37. Auscultación a velocidad de tráfico (vista Exterior)	104

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 38. Procesamiento de datos en el interior del vehículo mientras se realiza auscultación a velocidad de trafico	105
Fig. 39. Equipos de interconexión Perfilómetro – Computador (interior del vehículo).....	105
Fig. 40. . Odómetro interconectado al computador para registro de abscisas	106
Fig. 41. Registrador de perfil transversal TPL (vista lateral)	107
Fig. 42. Registrador de Perfil Transversal TPL (vista frontal)	107
Fig. 43. Cámara trasera que apunta verticalmente al pavimento	109
Fig. 44. Cámara de derecho de vía	110
Fig. 45. Ejemplo de fotos tomadas por cámara trasera.....	110
Fig. 46. Ejemplo de foto tomada por cámara delantera.....	111
Fig. 47. Ejemplo de foto tomada por cámara delantera llegando al K04+573	112
Fig. 48. Llegada de vehículo con perfilómetros y cámaras al K4+573.....	112
Fig. 49. Tanque de agua para abastecer equipo CFT	114
Fig. 50. Anclaje del equipo al vehículo y conexión de manguera de abastecimiento de agua	114
Fig. 51. Conexión de dispositivos electrónicos del equipo CFT al equipo de computo	115
Fig. 52. Procedimiento de medición de resistencia al deslizamiento	115
Fig. 53. Llegada del equipo CFT al K0+00 (izq.) y al K4+573 (der)	116
Fig. 54. Proceso de registro de datos arrojados por equipo CFT	117
Fig. 55. Equipos con perfilómetros y cámaras(izq.), equipos CFT (der) en el K0+00	118
Fig. 56. Formato de recolección y tabulación de datos de fisuras desde K0+100 a K0+150	123
Fig. 57. Formato de recolección de datos de resistencia al deslizamiento con equipo CFT	125
Fig. 58. Formato de recolección de datos de Ahuellamiento con Perfilómetro.....	127
Fig. 59. Formato de recolección y tabulación de datos de Macrotextura con perfilómetro.	130

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Índice de regularidad IRI por Kilómetro, arrojado por perfilómetro.....	121
Gráfico 2. Porcentaje de fisuras resumido por Kilometro	123
Gráfico 3. Resultados de resistencia al deslizamiento con equipo CFT.....	126
Gráfico 4. Representación de relación de ahuellamientos por kilómetro.....	128
Gráfico 5. Representación de la Macrotextura de la vía San Javier – La Mesa Cund.	131

RESUMEN

En Colombia actualmente se encuentra en in proceso de transformación en cuanto al desarrollo de infraestructura vial, en cuanto se han construido una gran cantidad de obras viales, y otras tantas se encuentran en proceso de ejecución, pero esta es una situación que en la mayoría de los casos aplica para las vías nacionales, pues en las vías de orden regional la realidad es muy distinta, puesto que se encuentran las vías en mal estado, y el municipio de La Mesa Cundinamarca no es ajeno a esta situación.

Es por esto que el objetivo de esta investigación es determinar el método más eficiente para que el municipio pueda determinar es estado de sus vías y así poder tomar decisiones acertadas acerca de las vías que necesitan ser intervenidas con mayor urgencia y de esta forma establecer los planes de reparación y/o mantenimiento que requieran.

Existen diferentes métodos para determinar el estado de las vías ya sean manuales o de alto rendimiento, y en esto se basó este trabajo, en cuanto se realizó un análisis del estado de la vía San Javier – La Mesa Cundinamarca de forma manual, en donde se incluyeron la inspección visual y el registro de fallas en el pavimento en planillas destinadas para ello, y adicionalmente se realizó el mismo análisis con equipos de última tecnología, en donde al final se pudo determinar que el método más eficiente es el segundo.

PALABRAS CLAVE

Auscultación, malla vial, índice de estado, perfilómetro, fisuras, resistencia al deslizamiento, macrotextura, ahuellamiento, mu meter.

ABSTRACT

In Colombia, it is currently in the process of transformation regarding the development of road infrastructure, as a large number of road works have been built, and many others are in the process of being executed, but this is a situation that in most of the cases apply to national roads, because in regional roads the reality is very different, since the roads are in poor condition, and the municipality of La Mesa Cundinamarca is no stranger to this situation.

That is why the objective of this investigation is to determine the most efficient method for the municipality to determine the state of its roads and thus be able to make sound decisions about the roads that need to be intervened with the greatest urgency and thus establish the plans of repair and / or maintenance that they require.

There are different methods to determine the state of the roads either manual or high performance, and this work was based on, as soon as an analysis of the state of the San Javier - La Mesa Cundinamarca route was carried out manually, where they included the visual inspection and the registration of pavement failures in payrolls destined for it, and additionally the same analysis was carried out with the latest technology equipment, where in the end it was determined that the most efficient method is the second.

KEYWORDS

Auscultation, road mesh, state index, perfilometer, fissures, slip resistance, macro texture, collapse, mu meter

INTRODUCCION

Este trabajo es presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil según los lineamientos de la universidad Minuto de Dios, y consiste en adelantar una investigación en donde se aplican los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera; en este estudio se hablará de los diferentes métodos que existen para determinar el índice de estado de las vías, en donde se encuentran los métodos manuales y los métodos con equipos de alto rendimiento.

Se describirá el proceso que se debe llevar a cabo para determinar el índice de estado de las vías con cada uno de los métodos anteriormente mencionados, indicando las diferentes normas que aplican para cada caso, con el fin de realizar el estudio a la vía que conduce del municipio de La Mesa Cundinamarca hasta la Inspección de San Javier del mismo municipio, mediante el método manual realizando visitas de campo e inspección visual para realizar la recolección de información que posteriormente será tabulada para calcular los respectivos índices, y adicionalmente se realiza el mismo estudio con la utilización de equipos de última tecnología como lo son el Perfilómetro Transversal con 24 sensores análogos con capacidad de elaborar un perfil transversal en pistas de aeropuerto, que calcula ahuellamiento de acuerdo a las normas establecidas, (2) sensores laser digitales con sus respectivos acelerómetros y giroscopio, que miden macro textura MPD (Mean Profile Depth o Profundidad Media de Perfil), (2) dos equipos marca “PAVETESTING” ingleses de alto rendimiento que constan de un pequeño remolque de tres ruedas en donde una de ellas nos mide distancia (odómetro) y las otras 2 nos dan el grado de inclinación para la resistencia al deslizamiento, remolcado por un vehículo, sobre el cual se encuentra un tanque de 1000 litros que proporciona la película de agua adecuada en relación a una velocidad específica, con los cuales se obtiene el coeficiente de fricción transversal (Mu Meter), el cual permite evaluar de

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

manera continua la fricción a una velocidad entre 20/65km, y por ultimo (3) tres cámaras monocromáticas de 5.5MB alta definición instaladas en un vehículo que transita a velocidad de tráfico y además cuentan con un programa digital Data View, el cual interpreta los distintos tipos de fallos con sus respectivas longitudes.

Una vez realizado el estudio por los dos métodos mencionados anteriormente, se definirá cuál de los dos métodos será el más eficiente para una posible implementación por parte del municipio, que le brinde a este la información oportuna y necesaria para tomar medidas al respecto, en cuanto a planes y acciones de reparación y mantenimiento de las vías a su cargo.

Para finalizar es importante destacar que este tipo de investigación es de gran importancia para lograr una buena gestión de las vías, aspecto que es de gran importancia para el desarrollo de las regiones.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que se presenta actualmente radica en la ineficiencia que se evidencia al momento de realizar un análisis del estado de un tramo vial del cual se quieren conocer ciertas características y las condiciones en que se encuentra para el tránsito vehicular, o el grado de afectaciones que tiene la misma, en cuanto a que normalmente se efectúa de forma “manual” (recorridos a pie, con una agenda de apuntes y cámaras fotográficas, con sus respectivos formatos para anotar en que abscisa se encuentra algún tipo de afectación en la vía y por medio de registros fotográficos capturando cada detalle encontrado), generando así demoras en la obtención de dicha información, que al mismo tiempo genera traumatismos en la toma de decisiones por parte de los entes municipales, quienes son los encargados de darle trámite a los proyectos de mantenimiento a la estructura de la malla vial del municipio.

La solución que se plantea en el siguiente trabajo, es la implementación de un sistema de tecnología avanzada, el cual se basa en la utilización de un perfilómetro para la obtención de datos en las afectaciones o patologías que presenta los pavimentos asfálticos de las vías (fisuras, texturas, rugosidades, ahuellamientos, entre otras), el cual realiza un recorrido de toda la vía en cuestión, en un lapso de tiempo muy corto (en comparación con el sistema manual), pues este sistema es montado en un vehículo que puede ir a una velocidad constante desde 30Km/h a 60 Km/h, acelerando así de forma importante este procedimiento.

Por medio de estos equipos de alta tecnología avanzada los cuales permiten realizar de manera más rápida y de mayor calidad un “índice de estado” del pavimento asfáltico de la vía que del

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

municipio de La Mesa conduce a la inspección de San Javier, se pueden identificar minuciosamente las afectaciones que presenta la estructura de pavimento asfáltico nombradas anteriormente, así mismo generar un resultado y análisis final para el determinar qué tipo de mantenimiento que se le pudiera realizar al pavimento y se pueda brindar una posible solución a los usuarios que transitan constante mente por este corredor vial en lo correspondiente a seguridad y confort.

Es importante destacar que por medio de estos estudios se puede proponer más fácilmente un mantenimiento como tal a la estructura, mejorando así la buena imagen del municipio, la transitabilidad de usuarios y la llegada de turistas que es viable para la economía y comercio de los habitantes del sector.

1.1 DELIMITACION DEL PROBLEMA:

Se propone realizar este trabajo sobre la determinación del índice de estado implementando sistema de última tecnología, en el municipio de La Mesa Cundinamarca, Colombia, más exactamente en la vía que conduce desde este municipio, hasta la inspección de San Javier, con una longitud de 4,57 kilómetros, pues es una vía que a lo largo de los años siempre ha venido presentando inconvenientes por su mal estado, y por la cual siempre han existido reclamaciones por parte de la comunidad que habita en el sector con el fin de que se tomen las medidas pertinentes para su reparación.

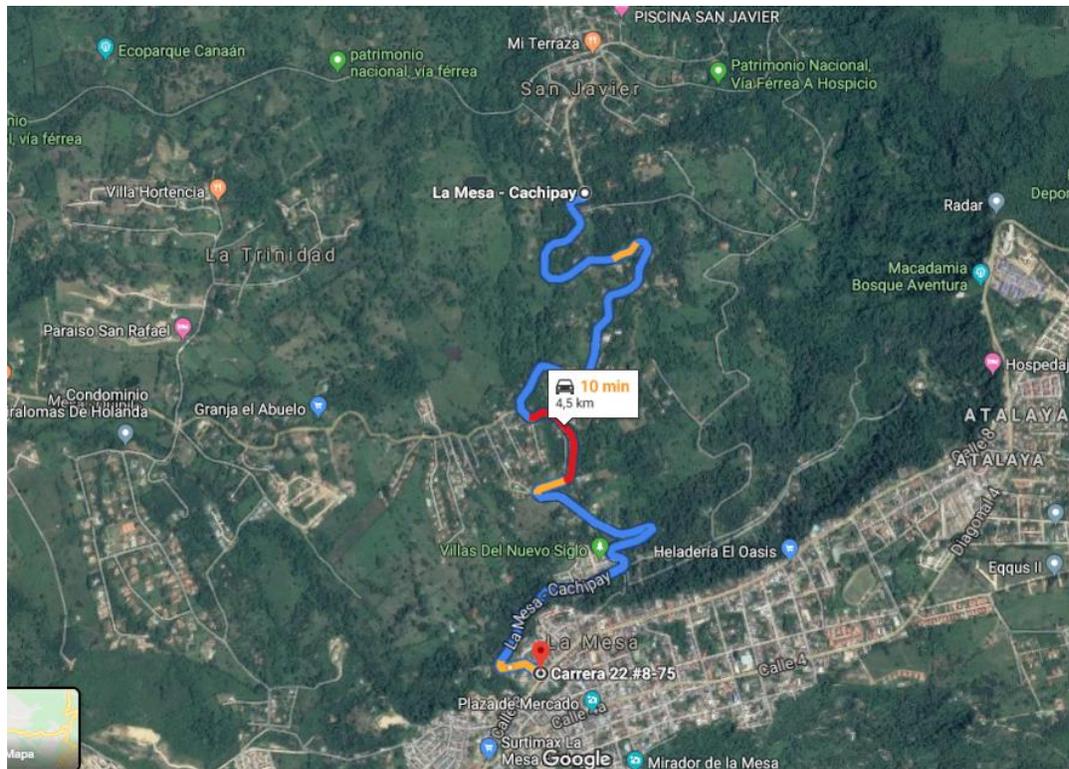
DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 1. Geolocalización del municipio de La Mesa Cundinamarca



Fuente: Google maps

Fig. 2. Tramo carretera La Mesa Cundinamarca – San Javier



Fuente: Google Maps

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuál de los sistemas o métodos para recolección de información acerca del estado de deterioro de las vías (manual o con equipos de última tecnología), es más eficiente para que el municipio de La Mesa Cundinamarca tenga un inventario de fallas de la malla vial municipal, que le permita la toma de decisiones acerca de los planes de mejoramiento de las mismas?

1.3 Hipótesis

La implementación de equipos de última tecnología para la recolección de información del deterioro de las vías municipales y la posterior determinación del índice de estado de las vías, es más eficiente que la recolección de dicha información de forma manual puesto que es muy demorada por ende mucho más costosa.

2 Justificación:

Esta investigación acerca de la implementación del uso de perfilómetros para el diagnóstico rápido del estado de las vías, es de gran importancia para el desarrollo de los municipios, puesto que, si se conoce más rápidamente el estado de deterioro de las carreteras, más rápido será el tiempo en que serán intervenidas para su respectivo mantenimiento al pavimento asfáltico; es importante destacar que, si se conocen rápidamente los puntos específicos en donde se empieza a deteriorar una vía y se interviene adecuadamente, los costos de reparación son mucho menores puesto que no se deja avanzar el daño por causa de las lluvias y el tráfico que normalmente pasa por allí.

Es de resaltar que si los municipios tienen un inventario específico y detallado del estado de sus vías, les será mucho más fácil planificar y ejecutar los planes de acción para las mismas.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar el “índice de estado” de la vía que conduce desde la inspección de San Javier, hasta el municipio de La Mesa Cundinamarca, mediante la utilización de equipos de medición de alta tecnología como perfilómetros, cámaras especiales del alta resolución y equipos CFT (**CONTINUOUS FRICTION TESTER MU METER**) y realizar una comparación con los métodos tradicionales para establecer cuál es el método más eficiente.

3.2 Objetivos Específicos

- Describir los sistemas de alta tecnología que se están implementando para la obtención de información del estado de las vías, los cuales conducen a determinar de una forma rápida y muy acertada el plan de acción de mejoras y mantenimientos, que conllevan a un nivel de servicio y operación óptima de las vías.
- Realizar una serie de recorridos con vehículos equipados con sistemas avanzados de medición como perfilómetros, cámaras especiales de alta resolución y equipos de alto rendimiento CFT (**CONTINUOUS FRICTION TESTER MU METER**) en la vía San Javier- La Mesa Cundinamarca, con el fin de hacer una recolección de datos pertinentes a los daños que presente dicho tramo de carretera, que nos lleven a determinar el estado de la vía en cuanto a grietas, ahuellamientos, rugosidad, fisuras, deslizamiento y textura.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

- Determinar el “Índice de Deterioro Is” de un tamo de 500 metros de la vía San Javier – La Mesa Cundinamarca mediante el método manual llamado “VIZIR”, para comprobar así los rendimientos y costos de esta actividad.
- Realizar una descripción de los costos que se conciben al determinar el “Índice de Estado” de la vía San Javier – La Mesa Cundinamarca de forma manual, para compararlos con el costo de la realización de esta actividad con equipos de alto rendimiento, y determinar así cuál de los dos métodos es el más eficiente.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 Marco Teórico:

4.1.1 Fallas en pavimentos asfálticos:

El pavimento presenta tres tipos de fallas:

- Estructural: por esfuerzos mecánicos
- Funcional: por el tránsito
- Secundarias: por la edad

Las fallas estructurales se presentan cuando sucede el fracaso de uno o más componentes que constituyen la estructura del pavimento, estas se manifiestan en la superficie como: formación de huellas, fallas por corte, fracturas longitudinales y transversales, consolidación de la base, sangrado y destrucción por congelamiento, falla de la base, drenaje no adecuado y falla por fatiga. Las fallas funcionales se presentan cuando la carpeta asfáltica del pavimento no puede desempeñar el trabajo para el que fue diseñado, proveer una capa de rodamiento segura, plana con resistencia al

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

deslizamiento, a la carga y a la deformación permanente. Las fallas funcionales de la carpeta asfáltica están relacionadas con las deformaciones que esta presenta, las cuales son transversales, longitudinales y de regularidad superficial. (Valencia, 2012)

La falla secundaria más importante, que no está asociada a la estructural o funcionalidad de la superficie de rodamiento, es el envejecimiento de la carpeta asfáltica, este fenómeno natural ha sido relacionado con los factores ambientales tales como: agua, ozono, oxígeno, radiación solar y rayos UV. Los componentes del cemento asfáltico se oxidan con rapidez variable al estar expuesto al aire y al sol. (Valencia, 2012)

4.1.2 Auscultación De Carreteras.

Bien sea por razones de mantenimiento de niveles razonables de seguridad y comodidad de la circulación, bien por mantenimiento del valor patrimonial de la red, se hace necesaria una auscultación de las características resistentes y funcionales de las carreteras, que permita un correcto diagnóstico de su estado, como base de una toma de decisiones en la gestión de pavimentos. No debe olvidarse aquí la importancia de la prevención, siempre más económica y fácil de llevar a cabo que las actuaciones de rehabilitación y refuerzo. (Aguado, 2014)

4.1.2.1 Características generales de la auscultación:

Cabe entender la auscultación de una carretera, como el proceso de evaluación de sus características físicas y funcionales, limitando estas últimas a las relacionadas con la comodidad y seguridad del usuario.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Los requisitos fundamentales de la auscultación son entre otros los siguientes:

- Objetividad, de modo que los resultados obtenidos no dependan de quien realice la inspección o del sistema o equipo de medida utilizado.
- Periodicidad en el tiempo, que permita tener datos suficientemente actualizados para poder planificar las actuaciones necesarias y, sobre todo, que posibiliten el conocimiento de la evolución de esas características. (Aguado, 2014)

Por otra parte, los equipos de medida deben satisfacer estos lógicos requisitos:

- Fiabilidad y reproducibilidad de los datos obtenidos
- Sistemática de empleo y toma de datos no destructivas.
- Utilización con un mínimo de interferencias al tráfico.
- Toma y registro de datos de forma automatizada, para evitar la subjetividad del operador. (Aguado, 2014)

En términos generales, cabe distinguir tres distintos tipos de auscultación de firmes:

- Inspección visual
- Auscultación funcional, en la que investigan las características funcionales del firme.
- Auscultación estructural, en la que se obtienen datos sobre sus características resistentes.

(Aguado, 2014)

4.1.3 Índice De Regularidad Internacional (I.R.I.)

La unidad de medida utilizada para determinar la rugosidad es el Índice de Regularidad Internacional (IRI), en unidades de m/Km. El IRI es un número característico (definido matemáticamente) del perfil longitudinal de la línea de medición. Es representativo de los movimientos verticales inducidos en los vehículos por la banda de frecuencia de las deformaciones

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

de una vía, lo cual afecta la respuesta dinámica del vehículo y el confort percibido por los ocupantes. El IRI se define en una escala de rugosidad que va desde 0 para superficies idealmente planas, llegando hasta 4.5 m/km para moderadamente rugosas y 12 m/km para pavimentos muy deteriorados con baches abiertos y/o reparados. (INTERSAP, 2019)

La calidad de la vialidad de una región determina el desarrollo productivo de la misma. Del estado de las vías de comunicación depende el costo del transporte para productos y personas.

Para la determinación de las condiciones de las vías, se utilizan diferentes métodos. Uno de los más utilizados es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). El cálculo del IRI presenta varias ventajas frente a otros índices como, por ejemplo, el PSR (Present Serviceability Rate), entre ellas se puede mencionar que es estable en el tiempo, permite reproducir el perfil de la vía, es representativo de los efectos de la rugosidad, su escala comienza en cero, es compatible con cualquier tipo de perfilómetro, es coherente con las normas internacionales establecidas y está relacionado con otras medidas de rugosidad. Por todo lo anterior el IRI es, hoy en día, una referencia para la evaluación de las condiciones de las vías, siendo recomendado por el Banco Mundial. Entre los distintos tipos de equipo para la determinación del IRI (ya sean bajo un principio de medición estático o dinámico), el perfilómetro estático MERLIN (Machine Evaluating Rough Ness using Low cost Instrumentation) destaca entre ellos, por su bajo costo de construcción y excelente desempeño. Razón por la cual el equipo electrónico desarrollado se ha elaborado instrumentando a este perfilómetro. (Álvarez, 2019)

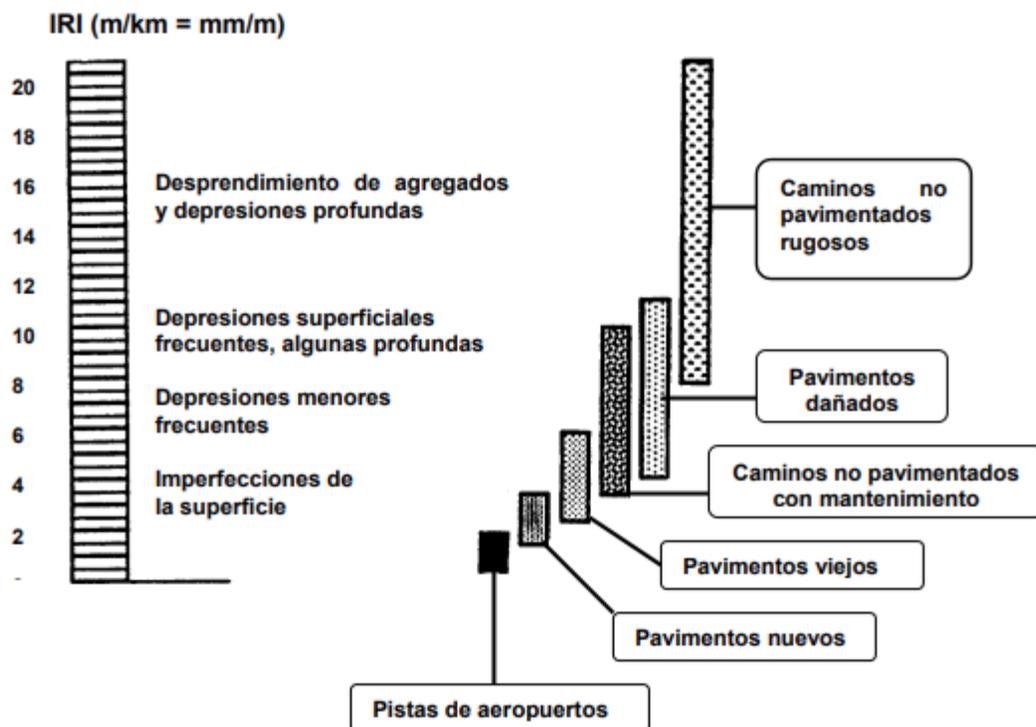
La capa de rodadura de una carretera posee una serie de características técnicas y funcionales, obtenidas a partir de criterios y especificaciones de construcción. Su estado depende de la calidad

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

inicial y del desgaste o deterioro producido por el tránsito y los factores climáticos, entre otros A nivel de red, partiendo de las mediciones de rugosidad de un camino, se puede definir el estado de los pavimentos mediante el índice de rugosidad; si se realiza un programa de evaluación anual en esos mismos caminos se puede llegar a conocer el comportamiento del deterioro a través del tiempo.

El comportamiento típico de la condición superficial respecto al tiempo se puede representar en la Figura siguiente, en la que se observa que, a partir de un cierto nivel de rugosidad del camino, los factores que afectan al mismo son el tránsito, el medio ambiente, etc., que ocasionan la disminución de la calidad superficial. (Patiño, 1998)

Fig. 3. Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.

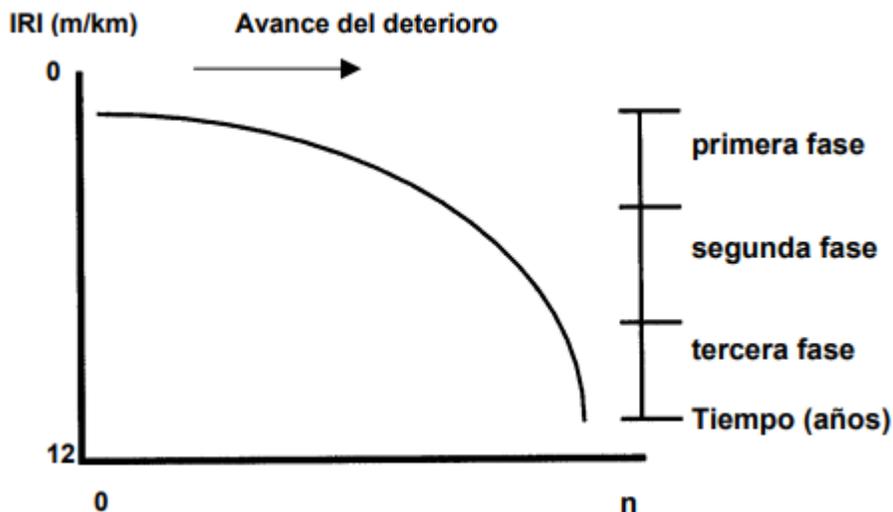


Fuente: (Patiño, 1998)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Esta disminución no es lineal, como se observa en la siguiente figura, sino que se puede dividir en tres etapas, donde la primera tiene un deterioro poco significativo en los primeros años; la segunda presenta un deterioro más acusado que en la primera, y requiere comenzar a programar un mantenimiento para no dejar avanzar el deterioro, la tercera significa una etapa de deterioro acelerado, ya que en pocos años el nivel de servicio cae de forma importante, con lo que va a llegar a un costo significativa de mantenimiento del camino y, como límite, puede ser necesaria una reconstrucción total del mismo. (Patiño, 1998)

Fig. 4. Grafica típica del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.



Fuente: (Patiño, 1998)

4.1.4 Ahuellamientos

Este parámetro hace referencia a los hundimientos que se presentan en la superficie de rodadura, ya sean puntuales o a lo largo de algunos tramos de vía, debido a la canalización del tránsito, sobrecargas de los vehículos, deficiencias en la estructura, acabado de la carpeta asfáltica o inestabilidad de la banca; los cuales terminan formando huellas apreciables sobre la superficie del pavimento, ocasionando incomodidad y en algunos casos, peligro para los usuarios de la vía.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

En pavimentos asfálticos, el ahuellamiento es una forma de deterioro superficial asociado a las condiciones climáticas y de carga a las que está expuesto el pavimento en servicio, que se desarrolla gradualmente y aparece como una depresión continua en las bandas de circulación de los neumáticos (huellas), dificultando la maniobrabilidad de los vehículos y ocasionando una disminución en la seguridad.

La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante construcción. Este parámetro también está asociado al uso de asfaltos blandos o de agregados redondeados. Estas deformaciones plásticas se asocian a cargas de tránsito elevadas y canalizadas.

Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilado por almacenamiento de agua. (INTERSAP, 2019)

El ahuellamiento es una falla estructural, característica de los pavimentos flexibles, que corresponde a una deformación permanente en la estructura y la cual es generada, especialmente, por un exceso en el tráfico, cargas elevadas por eje, malos procesos constructivos y altas temperaturas de servicio. Las deformaciones que se presentan en una estructura de pavimento están compuestas por las deformaciones elásticas y las plásticas. Las primeras se recuperan luego de que la carga impuesta en la carpeta es retirada, mientras que las segundas se acumulan, generando deformación permanente (Reyes, 2011)

4.1.5 Textura

La textura del pavimento es un parámetro crítico en la comodidad y la seguridad de los usuarios. La textura influye directamente en la capacidad de la estructura para evacuar el agua de la interface neumático – pavimento. La forma más antigua y conocida de evaluar la textura de un pavimento ha sido y aún se sigue realizando mediante el ensayo de la Mancha o Círculo de Arena. (INTERSAP, 2019)

4.1.5.1 Textura superficial del pavimento

se refiere a las irregularidades de la superficie de un pavimento con respecto a una superficie plana verdadera, con longitudes de onda menores a 500 mm. dentro de este rango de longitudes de onda, la textura del pavimento se clasifica en los siguientes tres tipos.

Micro textura. Desviaciones de la superficie del pavimento con respecto a una superficie plana verdadera, con longitudes de onda menores a 0,5 mm.

Macro textura. Desviaciones de la superficie plana verdadera, con longitudes de onda entre 0,5mm y 50mm

Mega textura. Desviaciones de la superficie del pavimento con respecto a una superficie plana verdadera con longitudes de onda entre 50mm y 500m.

Las desviaciones de la superficie con longitudes de onda mayores a 500mm no se consideran parte de la textura del pavimento y se clasifican como regularidad superficial. (Estados Unidos Mexicano, 2019)

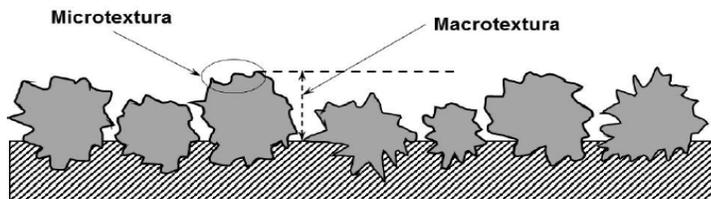
4.1.5.2 Características de la Macrotextura

La resistencia al deslizamiento de los pavimenta está determinada por la combinación de la micro y la macro textura. La primera mediante las asperezas de las partículas individuales de agregado pétreo, proporciona adhesión necesaria entre los neumáticos y el pavimento. Por su parte la

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Macrotextura facilita el desalojo del agua lluvia a través de los huecos existentes en la superficie, con lo que se evita el fenómeno del hidropelaje y el salpicado y rociado de agua. En la siguiente figura se ilustra la diferencia entre estos dos tipos de textura.

Fig. 5. Diferencia entre la Microtextura y la Macrotextura



Fuente: (Estados Unidos Mexicano, 2019)

Además de su importancia para proveer unas condiciones adecuadas de fricción en condiciones húmedas, la Macrotextura tienen efectos positivos sobre la fricción en condiciones secas, aunque puede tener cierta influencia negativa sobre la resistencia a la rodadura, el desgaste de los neumáticos, el ruido en el interior del vehículo y el ruido debido a la iteración neumático pavimento. (Estados Unidos Mexicano, 2019)

4.1.6 Resistencia al Deslizamiento

La resistencia al deslizamiento es la fuerza desarrollada entre la superficie del pavimento y los neumáticos, que, estando impedidos de rotar, deslizan a lo largo de la superficie. El reconocimiento de la importante influencia de la presencia de agua en la superficie ha llevado a definir en forma explícita un coeficiente de fricción (f) determinado con el pavimento mojado.

$$f = F_a / N$$

Donde:

f = coeficiente de fricción con el pavimento mojado

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fa = fuerza de fricción con el pavimento mojado

N = peso sobre la rueda

Existen dos situaciones básicas que condicionan la seguridad del usuario por una baja resistencia al deslizamiento. Estas son, la salida de un vehículo desde el camino en una curva y el deslizamiento ante una frenada de emergencia. (Roco, 2019)

4.1.7 Equipos Para Medir La Resistencia Al Deslizamiento.

4.1.7.1 Péndulo De Fricción o Péndulo Británico (método manual).

El péndulo de fricción mide la resistencia a la fricción entre un patín de caucho montado en el extremo del brazo del péndulo y la superficie de ensayo. Este instrumento proporciona a los ingenieros de carreteras un método rutinario para verificar la resistencia al deslizamiento y derrapes de superficies secas y húmedas, tanto en laboratorio como en la carretera in situ.

El ensayo se basa en el principio de Izod: un péndulo gira alrededor de un eje unido a un pilar vertical. En el extremo del brazo tubular se fija una base rígida de masa conocida con un patín de caucho.

El péndulo se libera desde una posición horizontal de modo que golpee la superficie de la probeta con una velocidad constante. La distancia recorrida por la cabeza después de golpear la probeta se determina por la fricción de la superficie de la misma. De esta forma puede obtenerse una de su resistencia al deslizamiento. (Concresestados S.A.S, 2019)

Fig. 6. Péndulo Británico



Fuente: (Concreservicios S.A.S, 2019)

El costo en el mercado internacional de este tipo de péndulo oscila entre los 500 a 1500 dólares dependiendo de la calidad y la marca fabricante.

4.1.7.2 Equipos de Alto Rendimiento Mu Meter

Equipo de alto rendimiento con automatización en el registro de coeficiente de fricción o resistencia al deslizamiento. En este caso el equipo de medición desliza una rueda sobre el pavimento, pero con una inclinación respecto a la dirección de circulación, lo cual genera una fuerza de reacción transversal. Esto representa mejor la situación de derrape de un vehículo en zonas de curvas o en alguna reacción de frenado por parte de los usuarios en la vía. (Gipsas, 2019)

Fig. 7. Equipo Mu Meter



Fuente: (DGCA Chile, 2019)

4.1.8 Equipos y aparatos para determinar el Índice de Regularidad Internacional (IRI)

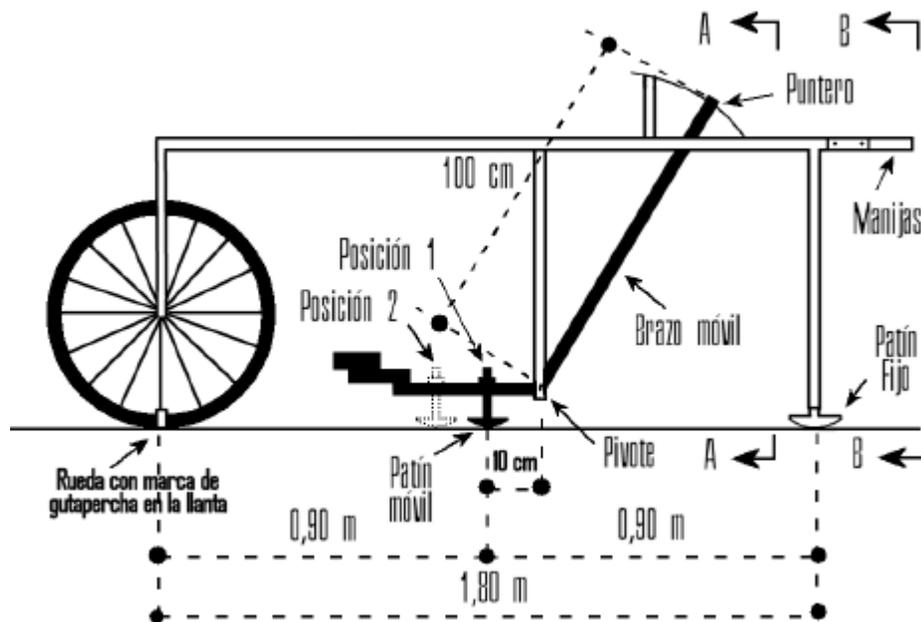
4.1.8.1 Perfilómetro Estático MERLIN

El perfilómetro estático MERLIN fue diseñado y desarrollado por el TRRL (Transport and Road Research Laboratory), para evaluar las condiciones de rugosidad de un pavimento y ser utilizado en países en vías de desarrollo; resaltando las siguientes características: bajo costo, fácil construcción, calibración, uso y mantenimiento. Posee un notable desempeño por lo que se utiliza como patrón de calibración para otros sistemas de medición.

El perfilómetro MERLIN basa su funcionamiento en determinar la desviación del terreno frente a una cuerda definida entre 2 puntos ubicados antes y después del punto de medición. Para ello, el MERLIN utiliza un patín en contacto con el piso en el punto de medición, tal como se muestra en Figura siguiente, el cual permite encontrar la desviación del terreno respecto a la cuerda, definida por los puntos de apoyo del soporte posterior y la rueda anterior. (Álvarez, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 8, Diagrama del perfilómetro estático MERLIN



Fuente: (Álvarez, 2019)

El patín se encuentra adosado a un brazo pivotado de tal forma que en el otro extremo se amplifica el desplazamiento 10 veces, de manera tal que pueda ser leído en una escala colocada sobre un cuadrante. Dicha escala está constituida, como indica la TRRL, por 50 graduaciones separadas en 5 mm. Así entonces, este arreglo puede resolver hasta 0,5 mm de desviación del terreno con un rango dinámico de 25 mm de amplitud y que contiene a la desviación cero.

Para determinar la rugosidad de pavimento se usa la distribución de frecuencias de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio establecida entre el punto de apoyo de la rueda y del pie posterior, los cuales están separados por 1,80 m.

Para obtener una medida significativa, el método del MERLIN requiere la determinación de 200 muestras de desviaciones (con respecto de la cuerda promedio), cada una ellas separadas a intervalos constantes de 2 m a lo largo de un tramo de 400 m de la vía. (Álvarez, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 9. Medición del IRI, Km 2, vía Girardot – Mosquera, Octubre 2019



Fuente: Autores

Fig. 10. Auscultación con Rugosímetro Merlín, vía Girardot – Mosquera, Octubre 2019



Fuente: Autores

4.1.8.2 Perfilómetro Láser

El perfilómetro es un equipo que se monta en un vehículo, y está basado en la medida de distancias por medio de láser, preparado para registrar los perfiles longitudinales y transversales de las carreteras, así como para tomar simultáneamente datos de textura. Las mediciones se realizan con el vehículo circulando totalmente integrado en el tráfico. (CEDEX, 2019)

El equipo permite:

- Obtener distintos índices de regularidad superficial de los firmes, haciendo posible la auscultación sistemática de la red de carreteras.
- Detectar problemas relacionados con la regularidad transversal de los firmes (roderas, zonas de posible formación de charcos, etc.).
- Determinar de manera continua la profundidad de textura.

Dispone de una viga extensible de referencia, en la cual están integrados 15 láseres de medida de 32 kHz.; delante de la viga está situada la cámara de textura con un láser de 64 kHz. También dispone de un equipo autónomo de posicionamiento global (GPS); con la viga extendida, en la posición de funcionamiento, es capaz de medir un ancho total de 2,90 m de calzada en una sola pasada, gracias a que sus dos láseres externos están inclinados. (CEDEX, 2019)

4.1.8.3 Características técnicas del perfilómetro:

- Velocidad de medida: De 30 a 80 km/h.
- Intervalo de medida: A selección del usuario (10 mm o superior).
- Principio de medida: Triangulación con láser desde un plano de referencia definido por giróscopos ópticos y acelerómetros.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

- Frecuencia de muestreo: Para los láseres encargados de medir el perfil: 32kHz.
 - Para el encargado de obtener la profundidad de textura: 64 kHz.
 - Frecuencia de respuesta: Plana (± 3 dB) desde 0,2 Hz hasta 2 kHz.
 - Ancho de banda: En términos de longitud de onda, desde 0,01 m hasta 100 m, a 72 km/h.
 - Resolución: Vertical: 0,05 mm. Horizontal: 3 mm, independientemente de la velocidad.
- (CEDEX, 2019)

4.1.8.4 Aplicaciones del Perfilómetro

- Medida y registro de perfiles longitudinales y transversales.
- Obtención (simultánea o no) de la medida de textura.
- Obtención, en el procesado, del Índice de Regularidad Internacional (IRI) y otros índices de regularidad superficial. (CEDEX, 2019)

La utilización de perfilómetros en las vías tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos de la medición de diferentes condiciones físicas a lo largo de un tramo vial; esta actividad es frecuentemente implementada en el proceso de verificación de las obras recién ejecutadas, para determinar el grado de cumplimiento de las condiciones exigidas por parte de quien contrata las obras; En estos tipos de evaluación se determina el Índice de Estado de acuerdo con los términos establecidos.

4.1.9 Cálculo Del Índice De Estado.

El Índice de Estado califica la condición funcional del estado de la vía, reflejando el nivel de serviciabilidad del pavimento, la comodidad y seguridad del usuario; y busca calificar el estado real de algunos parámetros que correspondan a la información vial de la concesión, con el objeto

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

de programar el plan de acción de mejoras y/o mantenimientos para llevar la vía al nivel de serviciabilidad y operación óptima. (INTERSAP, 2019)

Para la determinación del índice de estado se evalúan los parámetros descritos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Relación de los Parámetros que Intervienen en el Cálculo del Índice de Estado.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Rugosidad	Refleja las irregularidades, ondulaciones y deformaciones de la superficie de rodadura medidas en el sentido longitudinal.
Ahuellamiento y Deformaciones	Se analiza por medio del perfil transversal de la carretera, refleja los hundimientos puntuales en las huellas de rodadura de los vehículos.
Fisuras y Grietas	Muestra el agrietamiento de la superficie del pavimento.
Resistencia al Deslizamiento	Evalúa la fricción entre la llanta de un vehículo y la superficie de rodadura de la vía.
Estado de las Bermas	Se establece el estado de la Bermas como resultado de la presencia de daños en ésta.

Fuente: (INTERSAP, 2019)

El procedimiento establecido para la determinación del Índice de Estado se describe a continuación:

- Dividir la carretera en “tramos” (longitud de carretera con homogeneidad de tránsito, topografía, estructura y especificaciones).
- Asignar una calificación por sector (a por cada elemento) según el resultado encontrado a partir de la tabla “rango de calificación por elemento o variable”. (INTERSAP, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 2, Rango de Calificación por Elemento o Variable para corredores principales

Elemento	Unidad de Medida	Rango de Calificación			
		Muy Bueno 5-4	Bueno 4-3	Regular 3-2	Malo 2-0
Rugosidad	(m/km)	2-3.5	3.5-4.5	4.5-6.5	6.5-12
Ahuellamiento	mm	0.25	25-40	40-60	60-100
Fisuras	Factor "F"	0-6	6-80	8-9	9-10
Resistencia al deslizamiento	Coficiente resistencia al deslizamiento	100-45	45 – 0		
Estado de Bermas	% de Daños	0-2	2-5	5-10	10-20

Fuente: (INTERSAP, 2019)

Tabla 3, Rango de Calificación por Elemento o Variable para la vías regionales

Elemento	Unidad de Medida	Rango de Calificación			
		Muy Bueno 5-4	Bueno 4-3	Regular 3-2	Malo 2-0
Rugosidad	(m/km)	3-5	5-8	8-10	10-12
Ahuellamiento	mm	0-35	35-60	60-80	80-100
Fisuras	Factor "F"	0-7	7-8.50	8.50-9	9-10
Resistencia al deslizamiento	Coficiente resistencia al deslizamiento	100-30	30 – 0		

Fuente: (INTERSAP, 2019)

- Determinar la “calificación por elemento” para el tramo ponderando sobre la base de la longitud de cada sector que lo conforma.
- Calcular el índice de estado del tramo el cual corresponde a la calificación ponderada de cada elemento considerando su respectivo factor de influencia según la siguiente tabla:

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 4, Factor de Influencia por Parámetro o Variable para el corredor principal

ELEMENTO	FACTOR DE INFLUENCIA
Rugosidad	0.35
Ahuellamiento	0.20
Fisuras	0.20
Resistencia al Deslizamiento	0.20
Estado de Bermas	0.05
TOTAL	1.00

Fuente: (INTERSAP, 2019)

Tabla 5, Factor de Influencia por Parámetro o Variable para las vías regionales

ELEMENTO	FACTOR DE INFLUENCIA
Rugosidad	0.25
Ahuellamiento	0.25
Fisuras	0.25
Resistencia al Deslizamiento	0.25
TOTAL	1.00

Fuente: (INTERSAP, 2019)

Por último, se calcula el índice de estado de la vía como el promedio ponderado de las calificaciones de índice de estado de los tramos (INTERSAP, 2019)

4.2 Normatividad Técnica

para cada uno de los índices que se obtendrán por medio de la utilización de esta tecnología, existen una serie de normatividad en Colombia, que describe cada uno de los procesos, y los medios que se pueden utilizar para la obtención de dichos índices. A continuación, se describen las normas INVIAS que rigen cada uno de estos:

4.2.1 NORMA INV-789-13

NORMA INV-789-13; MEDIDA DEL AHUELLAMIENTO EN SUPERFICIES PAVIMENTADAS

4.2.1.1 OBJETO

Esta norma describe métodos de ensayo para medir la profundidad del ahuellamiento en la superficie de pavimentos asfálticos.

4.2.1.2 IMPORTANCIA Y USO

- El ahuellamiento es un fenómeno que afecta a los pavimentos asfálticos, el cual se manifiesta en forma de una depresión longitudinal en la sección transversal y se localiza en las zonas del pavimento por donde circula la mayor parte del tránsito (huellas).
- Las superficies ahuelladas tienen una influencia adversa sobre las características de operación de los vehículos y pueden impedir el drenaje superficial, reduciendo las propiedades de fricción y fomentando el hidroneo. El ahuellamiento se produce por la deformación o el desgaste de los materiales del pavimento y puede ser indicativo de problemas como el flujo de las capas asfálticas, o la consolidación, el corte o la pérdida de materiales del pavimento.
- Esta norma reseña los procedimientos normales para estimar la profundidad del ahuellamiento en las superficies de un pavimento asfáltico. Su propósito es producir estimaciones consistentes de la profundidad del ahuellamiento, tanto para apoyar decisiones sobre una nueva nivelación en la rehabilitación de pavimentos, como para disponer de información para la administración de pavimentos a nivel de red.

4.2.1.3 EQUIPO

Existen diversos equipos para determinar el ahuellamiento; dependiendo de sus características, se suelen clasificar como equipos de alto y de bajo rendimiento:

Equipos de alto rendimiento – Los principales equipos de alto rendimientos son el perfilómetro láser y el perfilómetro óptico.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Equipos de bajo rendimiento – Los equipos de bajo rendimiento más característicos son las reglas metálicas, el perfilógrafo transversal, y los perfilómetros portátiles.

Calibración y operación del equipo – Los procedimientos de calibración y de operación de los diferentes equipos dependen de las indicaciones de los respectivos fabricantes.

4.2.1.4 PROCEDIMIENTO

4.2.1.4.1 Selección del sistema de medición:

Para fines de autocontrol, un contratista de obra podrá utilizar alguno de los sistemas mencionados en la Sección 4 u otro tipo de equipo, siempre que esté debidamente calibrado. Para los fines de recibo de obras y en tanto no esté certificada por el Instituto Nacional de Vías la calibración de los equipos de alto rendimiento, el ahuellamiento se debe determinar mediante reglas, perfilógrafos transversales o perfilómetros portátiles. Los procedimientos a seguir al utilizar unos u otros de estos equipos son los que se indican a continuación.

4.2.1.4.2 Uso de reglas:

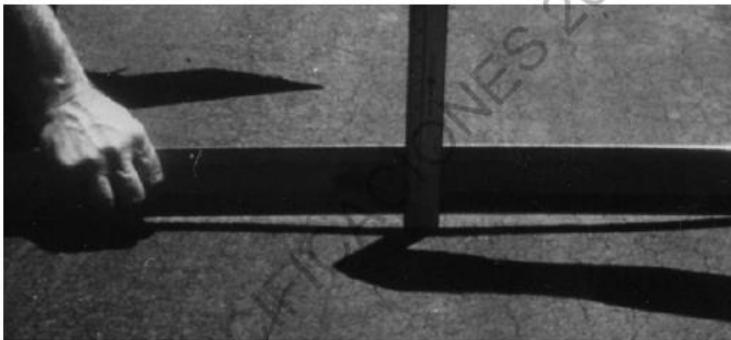
Características de la regla – Un perfil metálico indeformable, de sección rectangular, con ancho entre 20 y 30 mm en el plano de medición. Las longitudes preferidas son de 1.83, 2.0, 3.05 y 3.66 m (6, 6.56, 10 y 12 pies). La longitud deberá asegurar que la regla descansa sobre los dos puntos más altos a cada lado de la zona ahuellada. La máxima falta de conformidad admisible de la

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

superficie inferior de la regla en el plano de medida será menor a ± 0.4 mm/m de longitud y a ± 2.5 mm/m de ancho.

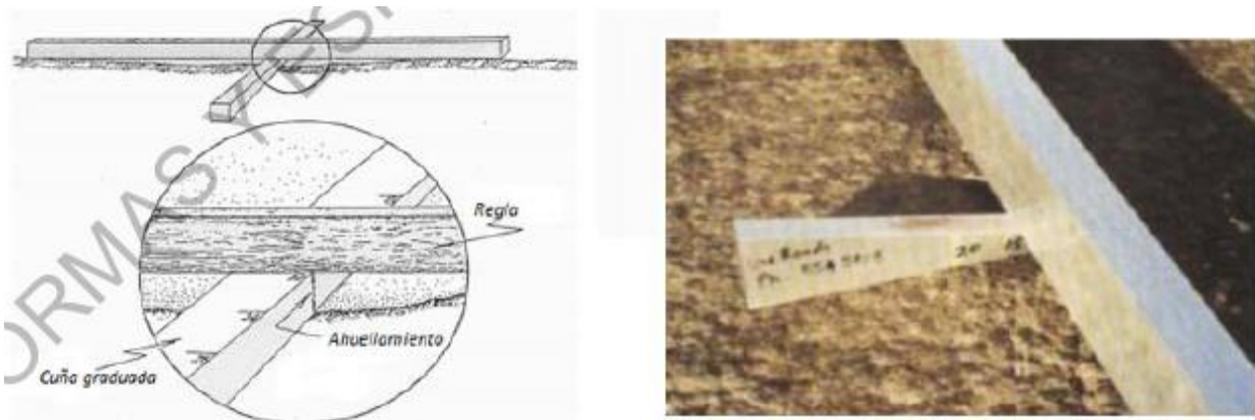
Elemento de medida de la profundidad de ahuellamiento – Podrá ser una regla (Figura 1) o una cuña metálica con graduaciones de 1 mm (1/16") o más finas (Figura 2), y tener el rango suficiente para registrar la mayor deformación. Su superficie de apoyo deberá tener entre 20 y 30 mm de ancho.

Fig. 11. Regla como elemento para medir la profundidad del ahuellamiento



Fuente: (INVIAS, 2019)

Fig. 12. Cuña graduada como elemento para medir la profundidad del ahuellamiento



Fuente: (INVIAS, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Colocación de la regla – La regla se deberá colocar a través de la banda ahuellada. Se debe permitir que repose sobre el pavimento en dos áreas de contacto, de manera que, si se desliza a lo largo de su longitud en ambas direcciones, dichas áreas se mantengan. La regla se deberá colocar en un plano perpendicular a la dirección del movimiento del tránsito y su superficie inferior deberá quedar paralela a la pendiente longitudinal del pavimento. La regla no se podrá colocar sobre otras discontinuidades del pavimento como desprendimientos del tipo ojo de pescado, o sobre residuos u otros materiales sueltos.

Colocación del medidor – El elemento de medida se coloca entre dos áreas de contacto perpendiculares al plano de referencia creado por el fondo de la regla y a la pendiente longitudinal del pavimento (Figura 3). El medidor no se deberá colocar sobre discontinuidades del pavimento como desprendimientos del tipo ojo de pescado, o sobre residuos u otros materiales sueltos.

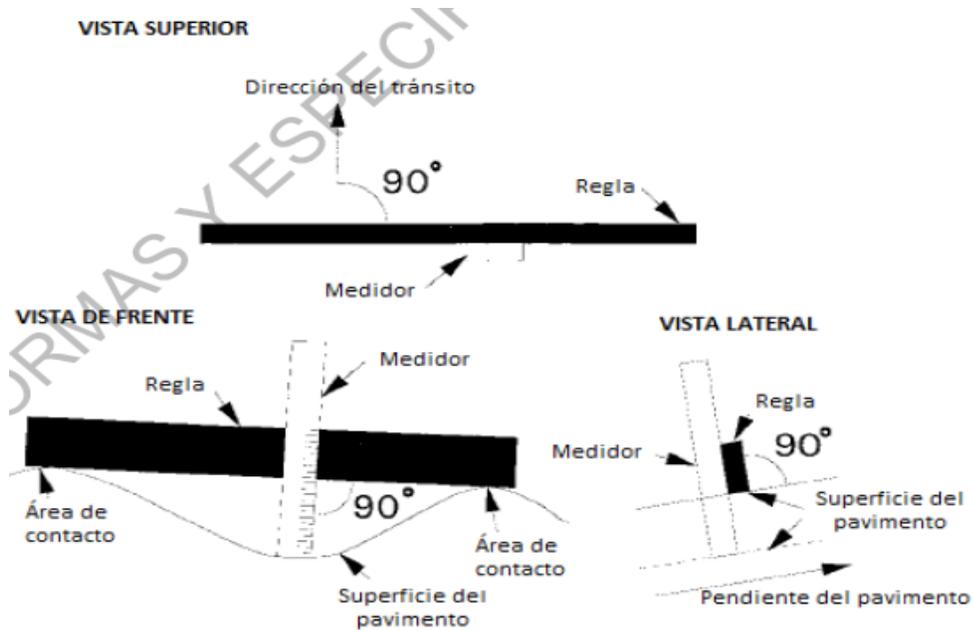
Medida del ahuellamiento – Una vez colocado el medidor en posición, se mide la distancia entre la superficie inferior de la regla y el pavimento, tal como se referencia en la siguiente figura. La medida se debe realizar con aproximación a la menor graduación del medidor. Se deberán realizar varias medidas a lo largo de la regla para establecer la mayor profundidad del ahuellamiento.

Empleo de un perfilógrafo transversal: Consiste en extender el perfilógrafo sobre la calzada perpendicularmente al eje del carril (Figura 4). Se nivela la viga del aparato para proporcionar una referencia horizontal y se conecta un transductor de desplazamiento lineal vertical a una rueda que se encuentra bajo la viga. A medida que la rueda es desplazada sobre la superficie del

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

pavimento, el transductor se mueve en relación con la viga y el desplazamiento vertical de la rueda va quedando registrado en un gráfico (Figura 5). De esta manera, se obtiene gráficamente un perfil transversal del carril, el cual sirve para determinar la deformación máxima por banda de rodadura, valor que corresponde al ahuellamiento.

Fig. 13. Medida de la profundidad de una huella empleando una regla.



Fuente: (INVIAS, 2019)

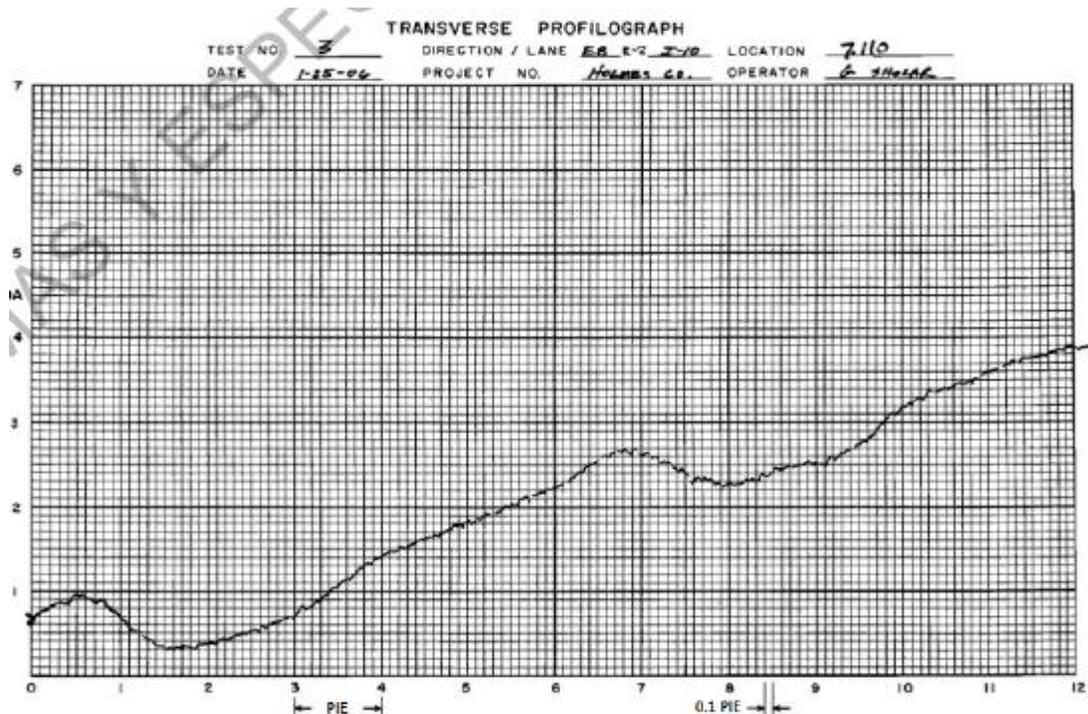
Fig. 14. Perfilógrafo transversal



Fuente: (INVIAS, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 15. Registro de un perfilógrafo transversal



Fuente: (INVIAS, 2019)

Uso de un perfilómetro portátil – Este es un instrumento operado manualmente, capaz de medir el perfil transversal de una pista mediante un sistema de inclinómetro - odómetro, extensómetro odómetro u otro mecanismo similar (Figura 6). Para los fines de recibo de obra se debe generar un registro de no menos de 10 puntos por carril, con base en el cual se determina el ahuellamiento máximo en el carril auscultado.

Fig. 16. Perfilómetro portátil



Fuente: (INVIAS, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Procedimiento de evaluación: Cualquiera sea el método utilizado para determinar el ahuellamiento, se deben efectuar las medidas con la frecuencia indicada en la especificación de obra por cada huella y por carril o el uso previsto de los datos; registrando como ahuellamiento representativo del carril el mayor valor medido para las dos bandas de rodadura. Las medidas se deben informar con una precisión de 1 mm o mejor. No se debe medir el ahuellamiento en singularidades tales como puentes, tapas de alcantarilla u otras que alteren localmente el perfil transversal del carril.

4.2.1.5 INFORME:

El informe correspondiente debe contener, al menos, la siguiente información:

- Identificación de la sección. Se debe utilizar el sistema de referencia general que utiliza la administración.
- Fecha de realización de las medidas
- Longitud de la sección evaluada.
- Equipo empleado para realizar las medidas.
- Profundidad del ahuellamiento máximo en cada sitio de medida.
- Intervalo de muestreo.

4.2.2 NORMA INV-E-790-13

NORMA INV-E-790-13; DETERMINACION DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRREGULARIDADES DE LA SUPERFICIE) DE PAVIMENTOS.
OBJETO:

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

1.1 Esa norma describe un procedimiento para estimar la rugosidad (irregularidades de la superficie) de una sección de pavimento, mediante el índice internacional de Rugosidad (IRI). El IRI se calcula a partir de la medición del perfil longitudinal de la huellas externa e interna de la circulación del tránsito en un pavimento, empleando un perfilómetro. El promedio estadístico de estos dos valores de IRI se reporta como la rugosidad de la sección del pavimento.

1.2 esta práctica reconoce la necesidad de un plan de aseguramiento de la calidad (QA) y propone una guía para su desarrollo.

4.2.2.1 IMPORTANCIA Y USO:

Esta práctica se refiere a procedimientos normalizados para medir el perfil longitudinal y calcular el índice Internacional de Rugosidad (IRI) de superficies pavimentadas de carreteras, con el fin de contribuir en la producción de estimaciones consistentes del IRI para los programas de administración de pavimentos a nivel red.

4.2.2.2 EQUIPO:

Existen dos categorías de equipos para medir las irregularidades del perfil longitudinal con alto nivel de precisión, las cuales se diferencian únicamente con la velocidad con que se efectúan las mediciones (rendimiento). Los más conocidos son los que se indican a continuación, sin perjuicio que puedan existir otros que cumplan con los requisitos exigidos a una u otra categoría. Dichos equipos son:

Equipos de alto rendimiento: entre los cuales se pueden citar los perfilómetros ópticos y los perfilómetros laser.

Equipos de bajo rendimiento (portátiles): esta categoría incluye el uso de nivel y mira (topográfico) y los perfilómetros pivotantes de alta precisión.

4.2.2.3 MEDICION DEL PERFIL:

Al ensayar un tramo de carretera, éste se deberá dividir en hectómetros, iniciando una nueva división en cada uno de los postes de referencia. Si la distancia entre postes de referencia es diferente de 1000 m, por cuanto entre dos postes puede existir un número no entero de hectómetros, pueden ocurrir dos casos, según que la longitud del tramo sobrante sea:

- Menor de 50 m – En este caso, el tramo sobrante se añadirá al hectómetro inmediatamente anterior, y se calculará el IRI del tramo total. Además del valor del IRI, al dar el resultado se debe anotar la longitud del tramo.
- Mayor o igual a 50 m – En este caso, se calculará el IRI del tramo sobrante. Además del valor del IRI, al dar el resultado se debe anotar la longitud del tramo.
- La medición se efectuará en forma continua, operando el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante y comenzando desde el inicio del tramo a evaluar, hasta el término del mismo y/o viceversa, según sea el caso.
- Las mediciones se realizarán longitudinalmente en el carril y la dirección de viaje escogidos en las dos huellas.

4.2.2.4 CALCULOS:

- Se calcula el IRI cada 100 m en ambas huellas de la llanta, en m/km aproximado a una décima.
- Se calcula el promedio de los valores de IRI obtenidos en ambas huellas para determinar la rugosidad del hectómetro.

Nota: Los datos de campo se deberán procesar con algún programa de cómputo que permita la obtención del índice internacional de rugosidad, IRI, en las condiciones expuestas en esta norma (Ver norma INV E-794).

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

4.2.2.5 INFORME:

Se debe reportar el IRI calculado para cada hectómetro, en m/km, redondeado a una décima

Los mínimos datos registrados y almacenados para cada tramo de pavimento evaluado deben incluir:

- Identificación del tramo – Se debe utilizar toda la información necesaria que permita localizar la sección utilizando el sistema de referencia de la entidad.
- El IRI para cada una de las dos huellas de la llanta (m/km) en cada hectómetro del tramo.
- El promedio de los dos IRI calculados para cada sección (m/km) en cada hectómetro del tramo.
- Fecha de la recolección de los datos (mes/día/año).
- Longitud, en m, del tramo en la cual se recoge la información.
- Intervalo de valores de IRI en cada hectómetro y en todo el tramo.
- Configuración del filtro de longitud de onda larga.
- Temperatura del pavimento (opcional).

4.2.3 NORMA INVIAS INV-791-13

MEDIDA DE LA MACROTEXTURA SUPERFICIAL DE UN PAVIMENTO EMPLEANDO LA TÉCNICA VOLUMÉTRICA

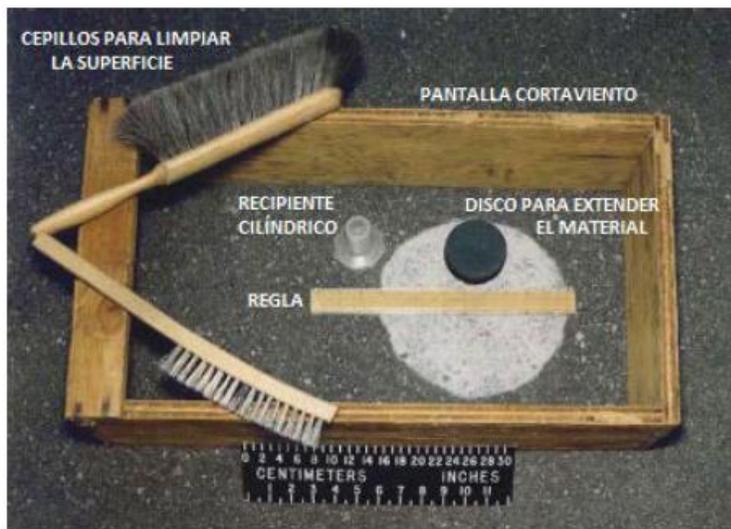
Esta norma describe un procedimiento para la determinación de la profundidad media de la Macrotextura superficial de un pavimento, mediante la aplicación de un volumen conocido de material granular sobre la superficie y el subsiguiente cálculo del área total cubierta.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Macrotextura del pavimento – Desviaciones de la superficie de un pavimento respecto de una superficie completamente plana con dimensiones características de longitud de onda entre 0.5 y 50 mm (0.02 y 2"), y una amplitud que varía entre 0.1 y 20 mm (0.004 y 0.8").

Los materiales normales y el equipo de ensayo son los siguientes: una cantidad determinada de un material granular uniforme, un recipiente de volumen conocido, una pantalla cortavientos, cepillos para la limpieza de la superficie, un disco plano para distribuir el material sobre la superficie y un elemento que permita estimar el área cubierta por el material; también, se recomienda el empleo de una balanza de laboratorio para asegurar la consistencia de las cantidades empleadas en cada muestra de ensayo. (INVIAS, 2019)

Fig. 17. Elementos para medir la profundidad de la Macrotextura superficial



Fuente: (INVIAS, 2019)

El ensayo consiste en la extensión de un volumen conocido de material granular sobre la superficie de pavimento limpia y seca, midiendo el área cubierta y calculando posteriormente la profundidad media entre el fondo de los vacíos superficiales del pavimento y la parte superior de

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

las partículas del agregado de éste. Esta medida de la profundidad de textura refleja las características de la Macrotextura del pavimento. (INVIAS, 2019)

4.2.4 NORMA INVIAS INV E-813-13

NORMA INVIAS INV E-813-13; DETERMINACION DEL INDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL DE UN PAVIMENTO ASFALTICO MEDIANTE EL METODO VIZIR.

Acerca de esta norma se hablará más adelante, puesto que fue consultada para llevar a cabo las actividades de levantamiento de fallas y deterioros en la vía objeto de estudio.

4.2.5 NORMA INVIAS INV-E-815-13

NORMA INVIAS INV-E-815-13; MEDIDA DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO DE PAVIMENTOS Y OTRAS SUPERFICIES SOMETIDAS A TRÁNSITO, EMPLEANDO UN DISPOSITIVO DE RUEDA PARCIALMENTE BLOQUEADA CON GRADO DE DESLIZAMIENTO FIJO

4.2.5.1 1 OBJETO

Esta norma se refiere a la medida de la resistencia al deslizamiento de una superficie sometida a tránsito vehicular, empleando un equipo de rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

El método cubre medidas de rueda bloqueada obtenidas con menos de 100 % de deslizamiento.

No considera medidas de fuerza lateral.

Este método de ensayo proporciona un registro de la resistencia al deslizamiento en toda la longitud de una trayectoria de la superficie de ensayo y permite obtener promedios para los segmentos de ensayo especificados.

Este método se emplea para medir la resistencia al deslizamiento sobre una amplia gama de superficies y bajo una gran variedad de circunstancias.

Consecuentemente, hay muchos tipos de diseños de aparatos de rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo (Continuous reading, Fixed-Slip Measuring Equipment – CFME) y, también, muchos procedimientos para su operación.

Esta norma no intenta detallar los diferentes equipos y procedimientos, sino que solo pretende exponer los principios esenciales que son comunes a todos ellos.

Los CFMEs funcionan creando y midiendo una fuerza friccional entre una rueda de ensayo operando con un grado de deslizamiento seleccionado y la superficie de ensayo. Los diferentes tipos de equipos no crean necesariamente la misma fuerza friccional entre su rueda particular y la superficie de ensayo, y no usan necesariamente el mismo método para medir esta fuerza friccional.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Las medidas de los CFMEs se obtienen a una velocidad constante seleccionada para el ensayo, la cual puede variar de acuerdo con la aplicación prevista para los resultados.

La superficie de ensayo se puede encontrar limpia y seca o estar contaminada. Si está limpia y seca, se debe aplicar sobre ella una cantidad preestablecida de agua en frente de la rueda de ensayo.

El aparato de medida puede estar incorporado a un vehículo, puede encontrarse en un remolque que es tirado por un vehículo o puede ser empujado manualmente.

Nota 1: Algunos equipos de medida de resistencia al deslizamiento que operan bajo el principio descrito en esta norma son el TRT, el Skiddometer BV-8, el GripTester y los portátiles T2GO y VTI (Figura 7).

Fig. 18. Equipos de medida con rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo,



Fuente: (INVIAS, 2019)

4.2.5.2 RESUMEN DEL METODO:

- El sistema de ensayo es desplazado sobre la superficie a ensayar a la velocidad de ensayo seleccionada, con la rueda de ensayo forzada a girar con un grado particular de deslizamiento.
- En ensayos rutinarios la tasa de flujo de agua se ajusta a la velocidad de la prueba, de manera de obtener el espesor escogido de película nominal.
- Se miden la fuerza de frenado o el torque, y la carga se mide, se calcula o se asume que es igual al peso muerto del equipo.
- Se calcula la fricción instantánea.
- se registra la fricción instantánea o se calcula y registra el coeficiente de fuerza de frenado, para cada longitud evaluada.
- Se anotan la velocidad de ensayo, la rata de flujo de agua y los demás datos esenciales de soporte para el informe.

4.2.5.3 IMPORTANCIA Y USO

Los equipos cobijados por esta norma se emplean para medir la resistencia al deslizamiento en pistas de aterrizaje, carreteras, calles y otros tipos de superficies sometidas a tránsito. Las pruebas pueden comprender ensayos operacionales realizados para obtener una evaluación inmediata de la resistencia al deslizamiento bajo las condiciones actuales, o ensayos de rutina en condiciones normalizadas que incluyen la aplicación de agua en frente de la rueda de ensayo.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Las velocidades de ensayo y los espesores normalizados de película de agua están de acuerdo con estándares nacionales e internacionales, con el tipo de equipo y con la utilización que se vaya a dar a los resultados.

4.2.5.4 EQUIPO

4.2.5.4.1 Características básicas:

- El aparato de ensayo debe estar equipado con un transductor que proporcione una medida directa de la fuerza de frenado o un transductor de torque que mida el par sobre la rueda de ensayo generado por esta fuerza, o ambos.
- El diseño del aparato debe asegurar que la fuerza promedio de carga actuante sobre la rueda de ensayo permanezca dentro de 1 % de la carga estática de la rueda sobre toda la longitud ensayada. En caso contrario, el aparato deberá estar equipado con un transductor de fuerza para medir la fuerza de carga.
- El aparato debe incluir un mecanismo para medir la velocidad y la distancia recorrida. Salvo que el equipo se use solo para ensayos operacionales, deberá incluir un mecanismo para aplicar y medir la tasa de flujo de agua.

4.2.5.4.2 Tolerancias para condiciones adversas:

- Las partes del sistema que quedan expuestas al ambiente deben tolerar una humedad relativa de 100 % y cualquier otra condición desfavorable, tal el caso de químicos descongelaentes, polvo, y los golpes y vibraciones que se puedan producir en el tipo de ensayo para el cual está diseñado el equipo. El sistema de suspensión deberá minimizar la

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

influencia de las irregularidades normales del pavimento sobre la exactitud y la fidelidad del acopio de datos.

4.2.5.4.3 Exactitud, resolución y estabilidad del sistema de medición:

- A temperaturas ambiente exteriores entre -40 y 45° C, el sistema de medida deberá tener una exactitud global de ± 1.5 % del máximo de escala.
- La calibración para certificación o la calibración de estabilidad en cualquier otro instante, no se requieren a intervalos inferiores a un año, salvo que el sistema sufra algún daño que implique su reparación.
- Si hay un transductor de fuerza que suministre una medida directa de la fuerza de frenado, deberá hacerlo con un mínimo de efectos inerciales. Es recomendable que este transductor suministre datos de salida directamente proporcionales a la fuerza, con una histéresis inferior al 1 % de la carga aplicada. El montaje del transductor de medida de la fuerza de frenado deberá ser tal, que los efectos de la carga transversal o de la carga de torque sean menores del 1 % de la carga aplicada. El transductor de la fuerza de frenado deberá estar instalado de manera que experimente una rotación angular menor de 1° con respecto a su plano longitudinal de medición a la máxima carga esperada.
- Si hay un transductor de torque que mida sobre la rueda de ensayo el torque generado por la fuerza de frenado, este transductor debe suministrar datos de salida directamente proporcionales al torque, con una histéresis inferior al 1 % de la carga aplicada y una no linealidad hasta la máxima carga esperada, menor al 1 % de la carga aplicada. La sensibilidad a cualquier carga transversal deberá ser menor del 1 % de la carga aplicada. Las medidas del transductor de torque incluyen los efectos inerciales de la rueda en

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

movimiento, los cuales deben ser compensados para todas las velocidades de ensayo. Si se asume que la fuerza de carga es constante, debe ser posible demostrar que la carga dinámica de la rueda que se ha asumido, se encuentra en un intervalo de ± 2.0 % en relación con la carga dinámica real de la rueda.

- La distancia recorrida se deberá medir con una resolución de 0.1 % y con una exactitud de ± 0.5 %, y deberá ser registrada de manera continua.
- La velocidad se deberá medir con una resolución de 2 km/h (1 mph) y con una exactitud de ± 1 km/h (± 0.5 mph), siendo recomendable que se pueda registrar de manera continua.

4.2.5.4.4 Grado de deslizamiento:

- El aparato de ensayo debe ser tal, que el grado de deslizamiento fijo escogido se pueda mantener dentro del ± 3.0 % de la escala total, a través de la longitud ensayada, a la velocidad de ensayo elegida (por ejemplo, si el grado de deslizamiento elegido es 15 %, su valor se deberá mantener entre 12 y 18 %)

4.2.5.4.5 Velocidad de prueba

- Con la rueda de ensayo operando con el grado de deslizamiento fijo escogido, el aparato deberá ser capaz de mantener la velocidad de ensayo con un rango de variación de ± 3.0 % durante la duración de la auscultación.

4.2.5.4.6 Rueda de ensayo:

- Deberá estar de acuerdo con la especificación aplicable al equipo que se utilice. Las normas ASTM incluyen especificaciones para diversos tipos de ruedas.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

4.2.5.4.7 Sistema de aplicación de agua:

- El agua se deberá aplicar sobre la superficie justo en frente de la rueda de ensayo, de manera de que el suministro sea el correspondiente al espesor nominal de película escogido. La aplicación se deberá producir a través de todo el ancho de la rueda y a cualquier velocidad de ensayo.
- El sistema debe estar protegido contra la acción del viento cruzado, bien sea mediante el uso de una boquilla colocada muy cerca de la superficie o bien colocando un escudo que proteja adecuadamente la boquilla. También, se puede emplear un chorro de agua con una velocidad horizontal igual y opuesta a la velocidad del ensayo, aplicado en un ancho ligeramente mayor al ancho de la banda de rodadura de la rueda.
- El agua usada en el ensayo debe ser razonablemente limpia. No podrá contener químicos tales como agentes de mojado o detergentes y se deberá aplicar a una temperatura no mayor de 30° C (86° F). El espesor nominal de la película de agua deberá estar de acuerdo con lo que recomiende el manual del fabricante del equipo y la aplicación que vayan a tener los resultados del ensayo.
- Se debe medir continuamente la rata de aplicación de agua, siendo recomendable registrar los valores medidos.
- La rata de aplicación de agua se deberá regular en un rango de $\pm 10.0\%$.

4.2.5.5 PROCEDIMIENTO:

- El punto de partida del ensayo, tanto en sentido longitudinal como transversal, se deberá definir en el sitio de prueba.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

- Se establece un tramo de previo de asentamiento de suficiente longitud, con el fin de que la velocidad de ensayo y la rata de aplicación de agua escogidas se puedan alcanzar antes del punto de inicio de la prueba.

4.2.5.6 DATOS DEL ENSAYO E INFORME

- Suficientes referencias sobre la ubicación del ensayo, sobre todo si se requiere que los datos de medida de fricción se analicen en conjunto con otros datos referenciados con su ubicación.
- Tipo y número de serie del equipo.
- Velocidad de ensayo (proyectada y real). Se recomienda que se registre la velocidad real para cada longitud donde se evalúe la fricción.
- Rata de flujo de agua (proyectada y real). Se recomienda que se registre la rata real para cada longitud donde se evalúe la fricción. Si se está realizando un ensayo operacional, la rata de agua debe ser cero.
- Fecha del ensayo.
- Tipo de rueda, número de serie y presión de inflado.
- Condición de la superficie antes del ensayo.
- Temperaturas de la superficie, del ambiente y de la rueda de ensayo.
- Nombre del operador.
- Hora de inicio del ensayo
- Condiciones ambientales en el momento del ensayo.
- Tipo de superficie ensayada.

4.3 Marco Conceptual:

Rugosidad – Conjunto de alteraciones del perfil longitudinal de una vía que provocan vibraciones en los vehículos que lo recorren. Es la desviación de la superficie respecto de una superficie plana, con dimensiones características que afectan la dinámica del vehículo y la calidad de la circulación. En esta norma, el término rugosidad es el promedio estadístico de los dos IRI calculados a partir de la medición del perfil longitudinal en cada una de las huellas que representan las zonas de circulación de las llantas de los vehículos. (INVIAS, 2019)

Perfil longitudinal: Es el conjunto de desviaciones perpendiculares de la superficie del pavimento con respecto a un plano horizontal de referencia tomado a lo largo del carril de circulación. (INVIAS, 2019)

Singularidad: Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre otras, se pueden citar puentes, tapas de alcantarillas, resaltos, cruces de calles y otras que alteren el perfil de la vía por diseño geométrico. (INVIAS, 2019)

Índice De Regularidad Internacional (I.R.I.): La unidad de medida utilizada para determinar la rugosidad es el Índice de Regularidad Internacional (IRI), en unidades de m/Km. El IRI es un número característico (definido matemáticamente) del perfil longitudinal de la línea de medición. Es representativo de los movimientos verticales inducidos en los vehículos por la banda de frecuencia de las deformaciones de una vía, lo cual afecta la respuesta dinámica del vehículo y el confort percibido por los ocupantes. El IRI se define en una escala de rugosidad que va desde 0

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

para superficies idealmente planas, llegando hasta 4.5 m/km para moderadamente rugosas y 12 m/km para pavimentos muy deteriorados con baches abiertos y/o reparados. (INTERSAP, 2019)

Profundidad del ahuellamiento : Distancia perpendicular máxima existente entre la superficie del pavimento en un sitio específico ahuellado y la superficie que teóricamente debería existir en ese mismo punto. (INVIAS, 2019)

Coefficiente De Fricción Transversal: Entre las propiedades funcionales que debe tener un pavimento la más importante, dentro de la seguridad, es sin duda la resistencia al deslizamiento en especial en tiempo de lluvia. El peligro que representa una falla de adherencia suficiente, debe ser evitado para prevenir niveles de accidentalidad inadmisibles. Para que un pavimento ofrezca suficiente adherencia a cualquier velocidad de los vehículos, debe tener una macro textura suficientemente gruesa y una micro textura áspera; la primera es necesaria siempre para garantizar la adherencia ya que con circulación a gran velocidad y el pavimento mojado se necesita evacuar rápidamente el agua que se interpone entre el neumático y el pavimento, para lo cual se precisa no sólo que el neumático se encuentre en buen estado, sino que el pavimento contribuya eficazmente a la expulsión del agua por medio de una macro textura adecuada. (INTERSAP, 2019)

Fisuras y Grietas: Los agrietamientos son deterioros del pavimento que se manifiestan superficialmente como consecuencia de la repetición de cargas, variaciones térmicas en el asfalto y deficiencias en los materiales que constituyen las capas estructurales. La evaluación de este parámetro consiste en determinar visualmente el coeficiente “F” correspondiente a cada fisura o grieta existente en la calzada. (INTERSAP, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Estado De Bermas: Los daños de las bermas corresponden a la pérdida de recubrimiento asfáltico o asentamientos, ahuellamientos, fisuras y grietas o deformaciones que superen los 3 cm. medidos con regla de 3 m. (INTERSAP, 2019)

Textura: La textura del pavimento es un parámetro crítico en la comodidad y la seguridad de los usuarios. La textura influye directamente en la capacidad de la estructura para evacuar el agua de la interface neumático – pavimento. La forma más antigua y conocida de evaluar la textura de un pavimento ha sido y aún se sigue realizando mediante el ensayo de la Mancha o Círculo de Arena. (INTERSAP, 2019)

Macrotextura: Corresponde a la textura superficial del pavimento proveniente del efecto conjunto de las partículas de los agregados pétreos que sobresalen en la superficie, este tipo de textura es adecuada para la resistencia al deslizamiento a altas velocidades en condición de superficie húmeda. (INTERSAP, 2019)

Microtextura: Corresponde a la textura superficial propia de la superficie de los agregados pétreos, las cuales pueden presentar características de tipo áspero o pulido; este tipo de textura es la que hace al pavimento más o menos áspero y no se identifica a simple vista. La microtextura es importante para la adherencia entre neumático y el pavimento. (INTERSAP, 2019)

Fuerza de frenado – Fuerza friccional dinámica que actúa instantáneamente sobre la rueda de ensayo.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Coefficiente de fuerza de frenado (CFF): Promedio apropiadamente filtrado de un número de lecturas de fricción instantánea sobre una determinada distancia.

Fricción por deslizamiento debido al frenado: Fuerza tangencial generada entre la rueda de ensayo y la superficie que se ensaya.

Relación frenado/deslizamiento: Relación entre la velocidad circunferencial relativa de deslizamiento a causa del frenado y la velocidad circunferencial de la misma rueda cuando no es sometida a frenado, expresada en porcentaje. Una definición equivalente sería la relación entre la velocidad relativa del deslizamiento al frenar y la velocidad horizontal del eje de la rueda.

Equipo de rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo (CFME): Aparato que se puede desplazar sobre la superficie de ensayo a la velocidad escogida y que consta de una rueda de ensayo, un sistema para frenarla e instrumentos para medir la fuerza friccional resultante entre la rueda y la superficie que se ensaya.

Sistema de rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo: Sistema de frenado que fuerza a la rueda de ensayo a girar con un deslizamiento constante o una reducción fija, en relación con el giro que tendría en condiciones de libertad.

Fuerza friccional: Resistencia generada cuando una fuerza se mueve con relación a otra con la cual se encuentra en contacto.

Fricción instantánea: Fuerza de frenado dividida por la fuerza de carga.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fuerza de carga: Fuerza vertical dinámica instantánea que actúa sobre la rueda de ensayo.

Espesor nominal de la película de agua: Espesor de la película que el sistema de aplicación de agua está diseñado para aplicar en frente de la rueda de ensayo, sobre una superficie totalmente lisa.

Espesor nominal normalizado de la película de agua: Espesor nominal de la película de agua, asociado con la medida de CFME para un tipo particular de aplicación de ensayo, con el fin de facilitar comparaciones entre los resultados de diferentes ensayos.

Rata de flujo de agua: Rata a la cual se aplica el agua a la superficie en frente de la rueda de ensayo.

Velocidad normalizada de ensayo: Velocidad continua de ensayo, asociada con las medidas del CFME para un tipo particular de aplicación de ensayo, con el fin de facilitar las comparaciones entre los resultados de diferentes ensayos.

Velocidad de ensayo: Velocidad constante asociada con las medidas del CFME.

Sistema de aplicación de agua: Sistema que deposita una cantidad dada de agua en frente de la rueda de ensayo, de manera que pase entre el área de contacto de la rueda y la superficie que se ensaya.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Calibración para certificación: Verificación del equipo de ensayo, del equipo de calibración, de los procedimientos de calibración y de la operación del equipo, que se recomienda efectuar anualmente.

Calibración de campo: Calibración de la fuerza, que lleva a cabo antes de cada serie de ensayos un operador entrenado, usando el equipo de calibración suministrado por el fabricante.

Ensayo operacional de fricción: Medida de la fricción de una superficie en respuesta a una necesidad operacional y bajo cualquier condición existente en la superficie en el instante del ensayo, incluyendo contaminación con hielo, nieve, lodo o agua. Los ensayos operacionales no incluyen la aplicación de agua.

Ensayo rutinario de fricción: Medida de fricción en una superficie bajo condiciones de ensayo debidamente estandarizadas, que incluyen normalmente una velocidad normalizada y una tasa de flujo de agua que da lugar a un espesor normalizado de película de agua.

Rueda de ensayo: Rueda normalizada para el ensayo de fricción sobre el pavimento. Las ruedas para los ensayos rutinarios de fricción deben ser lisas (sin labrado).

4.4 Estado De Arte

Las soluciones que actualmente se utilizan para la detección e inventariado de fallas en el pavimento asfáltico en las vías, se componen de procedimientos manuales, con la implementación de formatos que deben ser diligenciados manualmente, toma de registros fotográficos, inclusive en

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

algunos de estos formatos, se tienen que realizar una serie de dibujos, medidas para poder identificar los sectores afectados y que por ende son muy ineficaces, que generan demoras en el proceso de descripción del listado de fallas que se puedan presentar en la vía, y es por esta razón que sería de gran ayuda para este proceso, la utilización de nuevas tecnologías que aceleren el procedimiento y permitan mejorar la calidad de los estudios realizados.

Los estudios de índices de estado por medio de perfilómetros es utilizada actualmente por las grandes empresas dedicadas al diseño, construcción, conservación e intervención de vías, pero por razones desconocidas aún no está siendo utilizado a nivel municipal, en donde su implementación sería un gran avance en cuanto a la calidad y rapidez del proceso de obtención de datos para conocer el estado de las vías por las cuales responde el municipio, y de esta forma tomar las medidas pertinentes en cuanto a las intervenciones que se deban realizar a las vías.

5 METODOLOGIA

5.1 Diseño Metodológico

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema. (Sampieri, 2014)

Esta investigación en particular tiene un enfoque cuantitativo, pues según (Sampieri, 2014), expone que: “El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis”, y esa metodología expuesta es la que se empleara, pues se tendrán que seguir una serie de pasos y procedimientos para poder determinar el estado de una vía, para luego comparar este procedimiento con otras técnicas de recolección de información, aunque también en ciertos aspectos tiene un enfoque cualitativo, en cuanto se debe analizar las características y condiciones de ciertos aspectos en la vía, para poder asignar un valor numérico a la misma.

5.2 Alcance

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Sampieri, 2014)

Por lo anteriormente expuesto se puede definir que este trabajo tendrá un alcance descriptivo, pues se pretende recoger ciertos datos para organizarlos y realizarles un respectivo análisis.

5.3 Unidad de análisis

Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

que debe ser representativo de la población. El investigador pretende que los resultados encontrados en la muestra se generalicen o extrapolen a la población (en el sentido de la validez externa que se comentó al hablar de experimentos). El interés es que la muestra sea estadísticamente representativa. (Sampieri, 2014).

En este orden de ideas, tendríamos como universo las vías secundarias que se encuentran a cargo de los municipios, como población las vías que están a cargo del municipio de La Mesa Cundinamarca, y como muestra la vía que conduce del municipio de La Mesa Cundinamarca hasta la inspección de San Javier del mismo municipio, con una longitud total de 4,57km.

5.4 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Información

Una vez que seleccionamos el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis (si es que se establecieron), la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo/ análisis o casos (participantes, grupos, fenómenos, procesos, organizaciones, etcétera). Recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. Este plan incluye determinar:

- a) ¿Cuáles son las fuentes de las que se obtendrán los datos? Es decir, los datos van a ser proporcionados por personas, se producirán de observaciones y registros o se encuentran en documentos, archivos, bases de datos, etcétera.
- b) ¿En dónde se localizan tales fuentes? Regularmente en la muestra seleccionada, pero es indispensable definir con precisión.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

c) ¿A través de qué medio o método vamos a recolectar los datos? Esta fase implica elegir uno o varios medios y definir los procedimientos que utilizaremos en la recolección de los datos. El método o métodos deben ser confiables, válidos y “objetivos”.

d) Una vez recolectados, ¿de qué forma vamos a prepararlos para que puedan analizarse y respondamos al planteamiento del problema? (Sampieri, 2014)

En respuesta a los anteriores interrogantes, se describe que la fuente de obtención de datos es la vía objeto de muestra nombrada anteriormente y estos datos se producirán de observaciones; el procedimiento para recolectar la información es la inspección visual de fallas en la vía, para una posterior medición de la misma, y así dar un valor numérico a dicha falla, que será registrado en un formato destinado para tal fin, y así más adelante tabular y organizar estos datos para su análisis correspondiente.

Otro método de recolección de información es mediante la utilización de medios automatizados, para luego realizar una comparación con los recolectados manualmente y determinar cuál es el método más eficiente.

6 RESULTADOS

6.1 ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante la ejecución de este trabajo de investigación de desarrollaron las siguientes actividades:

- Visitas de campo
- Investigación de antecedentes
- Levantamiento de deterioros de 10% del al vía, de forma manual mediante método VIZIR

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

- Tabulación y análisis de la información recolectada manualmente
- Determinación de Índice de Rugosidad con Equipos Láser
- Determinación del ahuellamiento con Registrador de Perfil Transversal TPL 2G
- Determinación del Coeficiente De Resistencia Al Deslizamiento Con Equipo De Alto Rendimiento MU METER 3G
- Levantamiento de deterioros como grietas y fisuras mediante Cámara De Video De Alta Resolución
- Comparación de resultados obtenidos mediante los dos métodos
- Determinar cuál método de levantamiento de fallas en pavimentos es más eficiente para una posterior implementación a nivel municipal.

6.2 DETERMINACION DEL INDICE DE DETERIORO CON METODO VIZIR

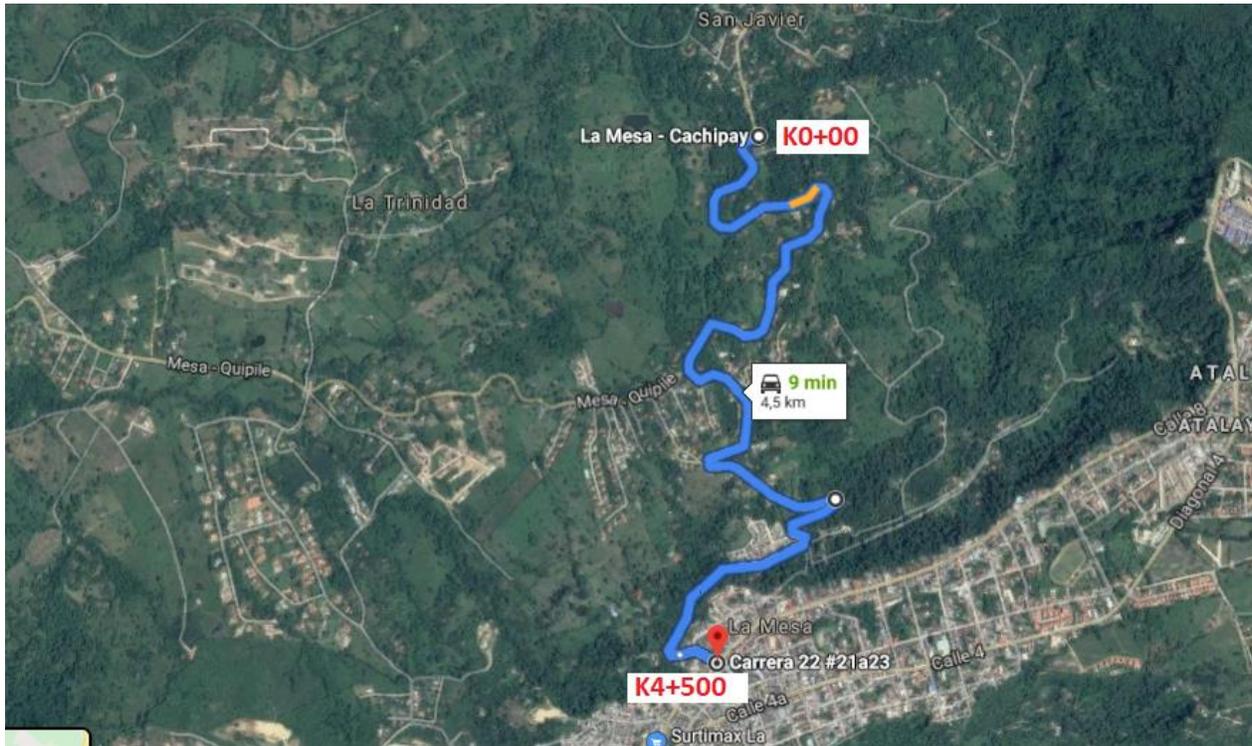
6.2.1 Visitas de campo

En varias oportunidades se realizaron visitas de campo en esta vía, consistentes en la realización de varios recorridos, en donde se pudo evidenciar el deterioro en el que se encontraba este corredor vial, evidenciándose la falta de mantenimiento por parte de los entes gubernamentales encargados de esta tarea.

Estos recorridos se realizaron durante los meses de mayo y junio del 2019, en donde se pudo ver que existían deterioros y fallas de todo tipo en estos 4,5 kilómetros de vía pavimentada con mezcla asfáltica. Tales deterioros que se veían a simple vista eran ahuellamientos, descascaramientos, erosiones, depresiones, y todo tipo de fisuras, razón por la cual se decidió a realizar el estudio en este tramo de carretera.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 19. Tramo vía San Javier- La Mesa Cundinamarca, objeto de estudio



Fuente: Google Maps

6.2.2 Investigación de antecedentes

Al indagar acerca de la regularidad con la que le realizan mantenimientos a estas vías, los habitantes del sector indicaron que estos muy rara vez se realizan, y que solamente le prestan atención a esta vía cuando existe algún tipo de deslizamiento o caída de material sobre la vía que impida el paso vehicular; los usuarios de este corredor vial expresan que constantemente tienen que acudir a la alcaldía municipal para expresar sus inconformidades acerca del estado de la vía, y que rara vez toman las medidas de reparación pertinentes.

Durante la investigación se realizaron entrevistas a personal ajeno a la administración municipal, pero que en periodos pasados de gobierno han trabajado allí, y se les preguntó si en alguna época el municipio ha tenido un informe detallado del estado de las vías, que les permitiera a las administraciones definir prioridades y tomar decisiones acerca de los planes de reparación de las

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

vías que comunican al municipio con sus inspecciones, y la respuesta fue un contundente no, y a su vez expresaron que sería muy útil que las alcaldías contaran con este tipo de herramientas.

6.2.3 Levantamiento de deterioros superficiales mediante método VIZIR

La metodología de recolección de datos, se basa en realizar un recorrido a pie para efectuar una inspección visual del estado del pavimento, y al mismo tiempo ir diligenciando un formato destinado para tal fin; formato del cual se hablará de una forma muy detallada más adelante.

Se realizó el levantamiento de fallas de 500 metros de la vía que conduce de la Inspección de San Javier al municipio de La mesa Cundinamarca, mediante el método VIZIR, según la norma INV813-13.

El objeto de esta norma es determinación de la condición de un pavimento asfáltico, a partir de la inspección visual de su superficie.

La metodología planteada en esta norma para la clasificación y la cuantificación de los deterioros de los pavimentos flexibles de carreteras considera dos categorías de deterioros: los deterioros del Tipo “A”, que caracterizan la condición estructural del pavimento y los deterioros del Tipo “B”, en su mayoría de tipo funcional, originados en deficiencias constructivas y en condiciones locales que el tránsito ayuda a poner en evidencia. (INVIAS, 2019).

En Las siguientes tablas se presenta un listado detallado de los tipos de deterioros, con su respectivo valor numérico, y su unidad de medida.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 6. Deterioros tipo "A"

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y parcheos	B	m

Fuente: Norma Invias INV E-813-13

Tabla 7. Deterioros tipo "B"

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FLJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Ojos de pescado	O	unidad
Desplazamiento, abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m ²
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

Fuente: Norma Invias INV E-813-13

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Una vez identificado el tipo de deterioro, se le debe asignar un valor numérico que se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 8. Niveles de gravedad de los deterioros tipo "A"

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante Prof. < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. $20 \text{ mm} \leq \text{Prof.} \leq 40 \leq \text{mm}$	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof. > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Grietas finas en la huella de rodamiento. <6 mm	Grietas abiertas y a menudo ramificadas.	Grietas muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de grietas ocasionalmente degradados.
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con grietas finas, sin pérdida de materiales.	Mallas más densas (< 500mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B.	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación.	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

Fuente: Norma Invias INV E-813-13

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 9. Niveles de gravedad de los deterioros tipo "B"

DETERIORO		NIVEL DE GRAVEDAD				
		1	2		3	
Grietas longitudinales de junta de construcción		Fina y única (< 10 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - Ancha (≥ 10 mm) sin desprendimiento o - Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica.		Grietas finas	Anchas sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas.		Grietas finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas de borde		Grietas finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos		h < 20 mm	20 mm ≤ h ≤ 40 mm		h > 40 mm.	
Ojos de pescado* (por cada 100 m)	Cantidad.	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diámetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: - Pérdida de película de ligante. - Pérdida de agregado		Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof.(mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Área(m ²)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados		No se definen niveles de gravedad				
Exudación		Puntual, área específica	Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo.		Continua y muy marcada, en diversas áreas.	
Afloramientos: - De mortero - De agua		Localizados y apenas perceptibles	Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento		Inicio de la desintegración, sectores localizados	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.		Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzada y berma		Desnivel entre 10 y 50 mm	Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas		Erosión incipiente	Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios.	
Segregación**		No se definen niveles de gravedad				

Fuente: Norma Invias INV E-813-13

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Una vez se ha identificado el tipo de falla y el nivel de gravedad, se realiza la respectiva medición de la falla en la vía, en lo referente a longitud, área y profundidad, y estos datos son consignados en el siguiente formato B1, en donde adicionalmente se deben anotar datos de identificación y caracterización de la vía como ancho de la misma, la existencia o no de bermas, el código de la carretera, el carril auscultado, entre otros.

6.2.3.1 Procedimiento realizado

6.2.3.1.1 Numeración de carriles:

La norma Invías INV E-813-13 describe la convención para la numeración de carriles de la siguiente forma: “Para efectos del registro de la información, los carriles se deben numerar de la siguiente manera: (1) para las vías de dos carriles se asignarán los códigos 1 y 2, considerando la numeración de izquierda a derecha en el sentido en que aumenta el abscisado (PR), y (2) para las vías con 2 o más carriles por calzada se asignarán los códigos 1, 2, 3, 4, y así sucesivamente, considerando la numeración de izquierda a derecha en el sentido en que aumenta el abscisado”

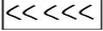
Fig. 20. Numeración de carriles según convención de norma inv. E-813-13



Fuente: autor

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 21. Formato "B1" para registro manual de fallas

FORMATO B.1 REGISTRO DE CAMPO. INVENTARIO DE DETERIOROS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS DE CARRETERAS													
	Nombre de la carretera		PR		PR		Fecha (dd/mm/aa)		Proyecto				
	Codigo de la carretera								Levantado por				
	Ancho de calzada (m)		Tipo de vía		Tipo de sección		Berma		SI		NO		
	Numero de carriles		Carril auscultado		Existencia de arboles		SI		NO				
ABSCISA													
	NOMBRE DEL DETERIORO		SIMBOLO	k0+000 a k0+010	k0+010 a k0+020	k0+020 a k0+030	k0+030 a k0+040	k0+040 a k0+050	k0+050 a k0+060	k0+060 a k0+070	k0+070 a k0+080	k0+080 a k0+090	k0+090 a k0+100
Deterioro Tipo A (Condición estructural)	Ahuellamiento (AH).												
	Depresiones o hundimientos Longitudinales (DL)												
	Depresiones o hundimiento transversal (DT)												
	Fisuras longitudinales (FLF)												
	Fisuras piel de cocodrilo (FPC)												
	Bacheos y parcheos (B)												
	Deterioro Tipo B (Condición Funcional)	Fisura longitudinal junta de construcción (FLJ)											
Fisura transversal junta de construcción (FTJ)													
Fisura de contracción térmica (FCT)													
Fisuras parabólicas (FP)													
Fisuras de borde (FB)													
Ojos de pescado (O)													
Desplazamiento o Abultamiento o ahuellamiento de mezcla (DM)													
Pérdida de la película de ligante (PL)													
Pérdida de agregado (PA)													
Descascaramiento (D)													
Pulimento de agregados (PU)													
Exudación (EX)													
Afloramiento de mortero (AM)													
Afloramiento de agua (AA)													
Desintegración de los bordes del pavimento (DB)													
Escalonamiento entre calzada y berma (ECB)													
Erosión de las bermas (EB)													
Segregación (S)													
ESQUEMA DE LA VIA:													
OBSERVACIONES:													

Fuente: (INVIAS, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

6.2.3.1.2 *Levantamiento y medición de deterioros*

Para el levantamiento y la medición de los deterioros de la vía, se tuvieron en cuenta los criterios que describe la norma INV E-813-13 que se listan a continuación:

- Se debe realizar el inventario de los deterioros de manera continua, para cada 100 metros de longitud de calzada, los cuales definen la sección de medición. Donde la carretera sea de doble calzada, el inventario se deberá hacer de manera independiente por calzada, manteniendo como unidad de inventario los mismos 100 metros.
- El levantamiento de los deterioros involucra su calificación, a partir de su identificación, su extensión y su gravedad.
 - La medición de los deterioros, que corresponde básicamente a la extensión para los deterioros del tipo A y para la mayoría de los casos de deterioros del tipo B, está dada por el porcentaje de la longitud de la sección (100 metros) que se encuentra afectada por el deterioro respectivo, salvo en los casos en los cuales se indica una unidad de medida diferente.
 - La gravedad indica el grado de severidad del deterioro. Su valoración está dada en una escala de uno (1) a tres (3), donde 3 indica la mayor severidad, 2 una severidad moderada y 1 la menor severidad, según tablas de deterioros tipo “A” y “B”
 - Para adelantar esta actividad se deberá diligenciar el Formato B.1, el cual contiene la información básica necesaria para registrar los deterioros presentes en el pavimento asfáltico, así como el esquema gráfico de la disposición y los tipos de deterioros en una sección. (INVIAS, 2019)

Para llevar a cabo el levantamiento de deterioros a los 500 metros de vía que se propusieron, primero se dividió el tramo en secciones de 100 metros, y posteriormente

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

estos 100 metros se dividieron en tramos de 10 metros, para poder determinar exactamente en qué abscisa se encontraba la falla, y hacer el registro según indica el formato “B1”. Es importante destacar que se tomaron las medidas de seguridad pertinentes para el desarrollo de la actividad.

Fig. 22. Elementos de seguridad utilizados para el realizar el levantamiento de fallas en la carretera



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 23. Fallas más comunes encontradas en la inspección visual del pavimento asfáltico.



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 24. proceso de medición para división y demarcación de cada tramo, mediante la utilización de un odómetro y pintura.



Fuente: Autores

Fig. 25. Proceso de levantamiento de fallas en pavimento flexible de la vía La Mesa – San Javier



DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.



Fuente: Autores

Fig. 26. Proceso de levantamiento de fallas en pavimento flexible de la vía La Mesa – San Javier



DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 27. Equipo utilizado para el levantamiento de fallas, odómetro, planilla, cinta métrica, regla topografía y cámara fotográfica.



Fuente: Autores

Para el diligenciamiento del formato se tuvo las recomendaciones de la figura 28, el cual es un formato que consta de 4 partes que se deben diligenciar de la siguiente forma indicada a continuación:

Parte 1 – Corresponde a la parte superior, donde se debe diligenciar la información correspondiente a la identificación de la carretera objeto de la evaluación, el nombre del proyecto y el tipo de carretera, el cual hace referencia a la red vial principal (primaria y secundaria) y red terciaria nacional, que en la actualidad administra el INVÍAS. En el campo “código de la carretera” debe ir el número de la ruta y el número asignado al tramo. Por su parte, en el campo “PR al PR” se debe indicar el tramo de carretera objeto de la inspección (PR inicial y PR final). De igual forma, se debe registrar el tipo de sección vial (corte, terraplén o sección mixta), el número de carriles que constituyen la sección vial, el

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

carril inspeccionado y, finalmente, si existen árboles en el costado de la carretera. (INVIAS, 2019)

Fig. 28. Formato Para Registro De Deterioros En Pavimentos Flexibles

FORMATO B1. REGISTRO DE CAMPO. INVENTARIO DE DETERIORS EN PAVIMENTOS ASPALTICOS DE CARRETERAS

Nombre de la carretera: _____ **Proyecto:** _____ **Fecha (d/m/a):** _____ **Levanteo por:** _____

Código de la carretera: _____ **PR:** _____ **RI:** _____ **PE:** _____ **Revisado por:** _____

Plan de geometría: _____ **Tipo de vía:** _____ **Tipo de Sección:** _____ **Hoja:** _____ **de:** _____

Longitud (m) y/o anchura (m): _____ **Ancho de calzada (m):** _____ **Banda:** SI NO

Existencia de árboles: SI NO

Número de Carriles: _____ **Carril Asfaltado:** _____

Deterioros Tipo A		Deterioros Tipo B	
Alcance (m)	Alcance (m)	Alcance (m)	Alcance (m)
Abasamiento: AH		Fractura longitudinal por construcción: FLJ	
Depresiones o hundimientos longitudinales: DL		Fractura transversal por construcción: FTJ	
Depresiones o hundimientos transversal: DT		Fractura de construcción transversal: FT	
Fisuras longitudinales: FL		Fisuras parabólicas: FP	
Fisuras por de-cohesión: FPC		Fisuras de fisura: FR	
Baches y parches: B		Ojo de pescado: OP	
		Desplazamiento o abasamiento o abasamiento de juntas: DM	
		Pérdida de la película de ligante: PL	
		Pérdida de agregado: PA	
		Descascamiento: D	
		Pulverización de agregados: PU	
		Exposición: EX	
		Alfaramento de materia: AM	
		Alfaramento de agua: AA	
		Desahogamiento de bordes de pavimento: DB	
		Escalofriamiento entre calada y bermas: EC	
		Erosión de las bermas: EB	
		Separación: S	

Observaciones: _____

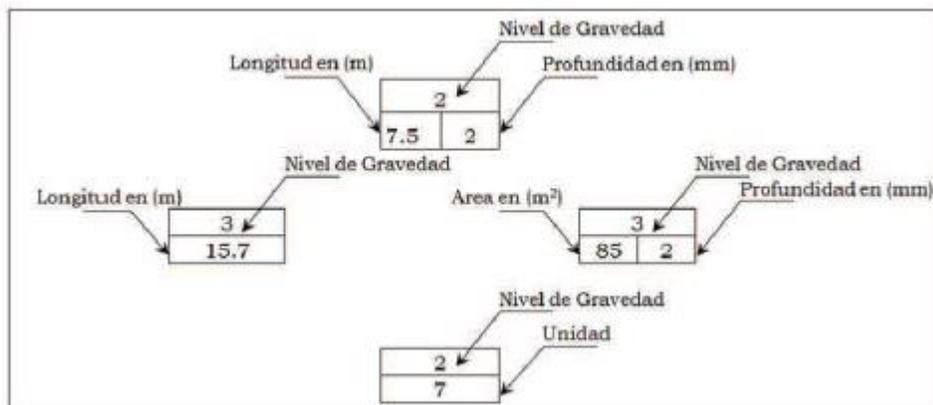
FORMA - FEM

Fuente: Norma Inviás INV E-813-3

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Parte 2 – Es el lado izquierdo del formato, el cual incluye la calificación del nivel de gravedad o severidad del deterioro, la longitud, área y, en algunos casos, la profundidad. El registro se debe realizar de manera secuencial, siguiendo el registro del abscisado de la parte superior, el cual debe representar una sección de 100 metros de longitud, abscisado cada 10 metros. El formato incluye el registro de los deterioros de los tipos A y B, claramente separados. De igual forma, presenta un campo específico para cada tipo de deterioro y abscisa, donde se debe registrar en la parte superior el nivel de gravedad (1, 2 o 3) y en la parte inferior la longitud, profundidad, área o unidad, según sea el caso. (INVIAS, 2019). En la siguiente figura se presentan cuatro posibilidades en el registro de los deterioros.

Fig. 29. Ejemplo de registro de deterioros



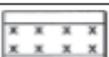
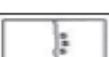
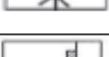
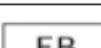
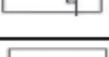
Fuente: Norma Invías INV E-813-3

Parte 3 – Corresponde a la parte derecha del formato, donde se registra de forma gráfica en un tramo de 100 metros (sección), el esquema de los deterioros con las simbologías

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

asociadas a cada uno de ellos (INVIAS, 2019), en acuerdo con los símbolos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 10. Símbolos Para el registro de los deterioros en pavimentos asfálticos para carreteras.

Ahuellamiento		Pérdida de película de ligante	
Depresiones o hundimiento longitudinal		Pérdida de agregado	
Depresiones o hundimiento transversal		Descascaramiento	
Fisuras piel de cocodrilo		Pulimento de agregados	
Bacheos y parcheos		Exudación	
Fisuras longitudinales de junta de construcción		Afloramiento de mortero	
Fisuras transversal de junta de construcción		Afloramiento de agua	
Fisura de contracción térmica		Desintegración de los bordes del pavimento	
Fisuras parabólicas		Escalonamiento entre calzada y berma	
Fisuras de borde		Erosión de bermas	
Ojos de pescado		Segregación	
Abultamiento o desplazamiento de la mezcla			

Fuente: Norma Inviás INV E-813-3

Parte 4 – En este espacio se deben registrar las observaciones que el ingeniero considere de interés sobre el levantamiento de los deterioros en la sección de pavimento asfáltico objeto de la inspección.

6.2.4 Tabulación y análisis de la información

La información obtenida en cada sección debe ser consolidada, en función de la extensión y gravedad de los deterioros relevantes. Para el cálculo del Índice de Deterioro Superficial “Is”, sólo se tienen en cuenta los deterioros del tipo A. Como es posible que uno o más deterioros se presenten en una sección de 100 metros con distintos niveles de gravedad, el nivel representativo se debe establecer cómo un promedio ponderado, mediante la expresión:

$$G = \frac{l_1 + 2l_2 + 3l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

Dónde: l_i : Longitud ocupada por el deterioro con gravedad “i” dentro de la sección (100m).

Como la gravedad es un número entero (1, 2 o 3), el valor obtenido al realizar la ponderación se deberá redondear de acuerdo con el siguiente criterio:

Si $G < 1.5$	se toma 1
Si G es mayor o igual a 1,5 y menor que 2,5	se toma 2
Si G es mayor o igual a 2,5	se toma 3 (INVIAS, 2019)

6.2.4.1 Determinación del índice de fisuración (If):

El If es un valor numérico entero, entre 1 y 5, que depende de la extensión y de la gravedad de las grietas de origen estructural presentes en la sección. Se deberán efectuar cálculos separados para las grietas longitudinales de fatiga y para las de piel de cocodrilo, adoptándose el mayor de los dos valores obtenido. (INVIAS, 2019)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 11. Tabla para determinar el índice de fisuración

Índice de Fisuración If	Extensión	0 a 10	10 a 50	> 50
	Gravedad	%	%	%
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

Fuente: Norma Invías INV E-813-3

6.2.4.2 Determinación del índice de deformación (Id):

El Id es un valor numérico entero, entre 1 y 5, que depende de la extensión y de la gravedad de las deformaciones de origen estructural presentes en la sección, (INVIAS, 2019), el cual se determina con ayuda de la siguiente tabla:

Tabla 12. Tabla para determinar el índice de deformación

Índice de Deformación Id	Extensión	0 a 10	10 a 50	> 50
	Gravedad	%	%	%
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

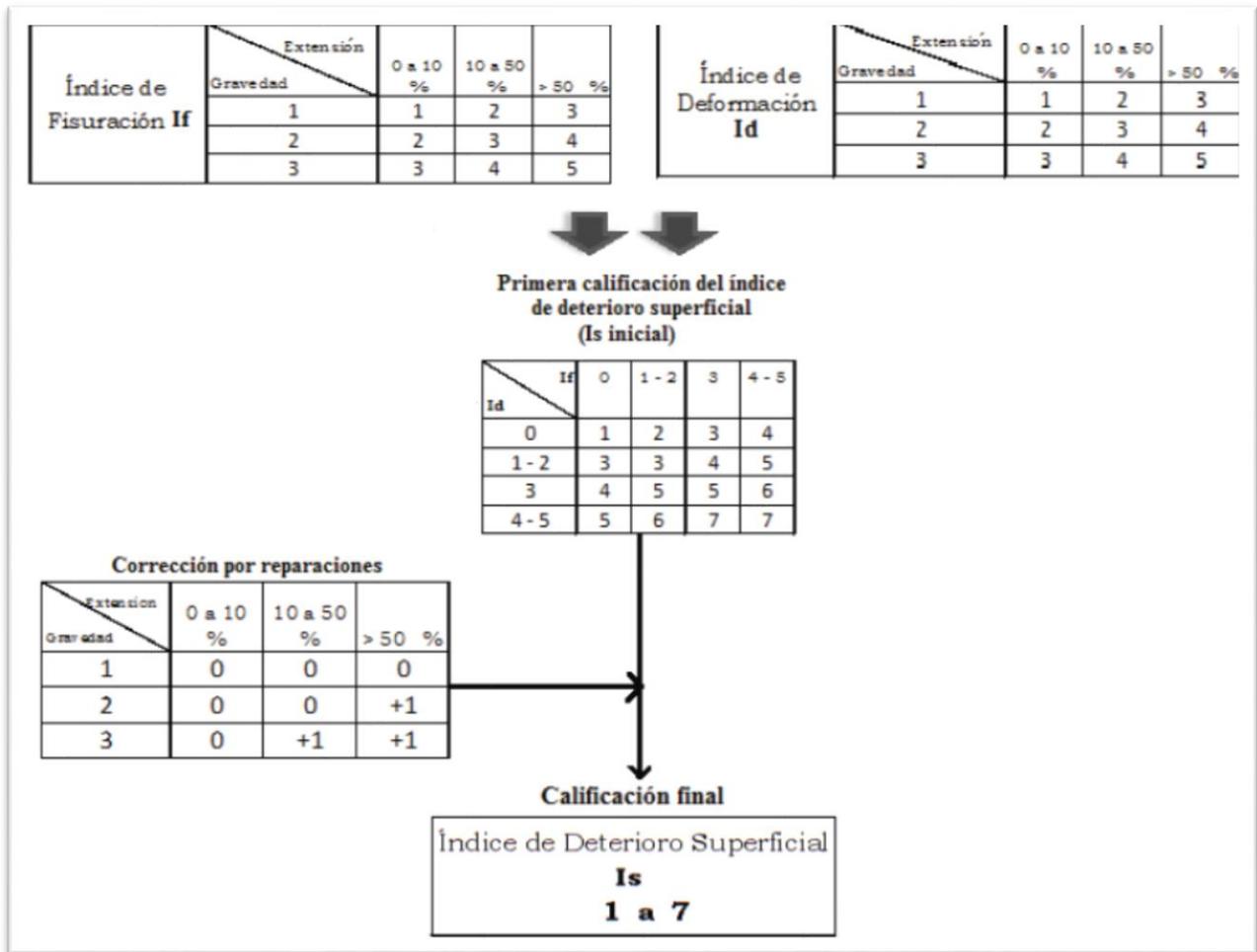
Fuente: Norma Invías INV E-813-3

6.2.4.3 Determinación del Índice de deterioro superficial (Is):

La combinación de los índices de fisuración y de deformación da lugar a un índice de deterioro superficial preliminar, que es un número entero entre 1 y 7, el cual debe ser corregido en función de la extensión y de la calidad de los trabajos de parcheo y bacheo que haya en la sección. Efectuada esta corrección, cuando corresponda, se obtiene el índice de Deterioro Superficial, Is, de la sección evaluada (INVIAS, 2019), tal como lo muestra la siguiente figura:

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 30. Determinación del índice de deterioro superficial



Fuente: Norma Inviás INV E-813-3

Nota 1: Un valor de Is igual a 1 es indicativo de un pavimento en buena condición, mientras que un valor igual a 7 representa un pavimento fallado.

Nota 2: Cuando el índice de deterioro superficial preliminar es igual a 7, se omite la corrección por reparaciones. (INVIAS, 2019)

Es importante destacar que todos estos cálculos se realizaron mediante el formato “B2” y “B4” de Excel que se muestran a continuación, el cual ayudo a que todos estos se realizaran de una forma más rápida.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 31. Resumen de fallas tipo "A" del carril "1" mediante Formato B2 del INVIAS

FORMATO B.2 RESUMEN DETERIOROS DEL TIPO "A" EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA CARRETERAS																	
POR SECCIÓN 100 m																	
Nombre de la carretera: _____										Proyecto: _____							
Código de la carretera: _____										Elaboró: _____				Fecha(dd/mm/aa): <input type="text"/>			
PR: _____			al PR _____			Aprobó: _____				Fecha(dd/mm/aa): <input type="text"/>			Hoja: _____		de: _____		



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo G_R
				AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad	
DE	HASTA	Long (m)	Long (m)	Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)			Long (m)
0+000	0+100	100	6,30	2,00	0,00	0,00	2,00	2,00	1,00	3,30	3,30	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000
0+100	0+200	100	6,30	5,00	0,00	0,00	5,00	5,00	1,00	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000
0+200	0+300	100	6,30	3,30	3,00	0,00	6,30	6,30	2,00	2,50	2,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,000
0+300	0+400	100	6,10	4,10	10,03	0,00	14,13	14,13	3,00	1,80	1,80	1,00	0,00	0,00	0,00	3,05	3,05	1,00	2,000
0+400	0+500	100	6,30	4,70	0,00	0,00	4,70	4,70	2,00	14,30	14,30	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000

AH: Ahuellamiento **DL:** Depresiones o hundimientos longitudinales **DT:** Depresiones o hundimientos transversales
FLF: Fisuras longitudinales por fatiga **FPC:** Fisuras piel de cocodrilo **B:** Bacheos y parcheos

Nivel de Gravedad Representativo (G_R): Si $G_R < 1.5$ se toma 1
 Si $1.5 \leq G_R < 2.5$ se toma 2 Si $G_R \geq 2.5$ se toma 3

Fuente. Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 32. Cálculo del índice de deterioro del carril "1" mediante formato "B4" del INVIAS

FORMATO B.4 RESUMEN CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL Is

POR SECCIÓN 100 m



Nombre de la carretera: _____ Proyecto: _____

Código de la carretera: _____ Elaboró: _____ Fecha(dd/mm/aa): _____

PR: _____ al PR _____ Aprobó: _____ Fecha(dd/mm/aa): _____ Hoja: _____ de: _____

Examen Visual

(1) Índice de Fisuración If	Extensión	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
	Gravedad	1	2	3
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

Índice de Deformación Id	Extensión	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
	Gravedad	1	2	3
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

Primer Calificación del Índice de Deterioro, Is

Id	0	1-2	3	4-5
0	1	2	3	4
1-2	3	3	4	5
3	4	5	5	6
4-5	5	6	7	7

Extensión	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
Gravedad	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	+1
3	0	+1	+1

Corrección por reparación

Índice de Deterioro Superficial Is. 1 a 7

(1) Cálculo efectuado separadamente de la fisuración longitudinal y la fatiga. Se adoptan el mayor de los valores calculados.

DE	HASTA	Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial Is	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial			Categoria	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)		Índice de Fisuración If	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)			Bacheos y parcheos		Índice de Deterioro Superficial Final Is				
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad		If(2)	Extensión % de longitud	Gravedad	Id			Extensión % de longitud	Gravedad		Corrección
0+000	0+100	3,3	1	1	0,0	0	0	1	2,0	1	1	3	0,0	0	0	3	marginal
0+100	0+200	2,0	1	1	0,0	0	0	1	5,0	1	1	3	0,0	0	0	3	marginal
0+200	0+300	2,5	1	1	0,0	0	0	1	6,3	2	3	5	0,0	0	0	5	deficiente
0+300	0+400	1,8	1	1	0,0	0	0	1	14,1	3	4	6	3,1	1	0	6	deficiente
0+400	0+500	14,3	1	2	0,0	0	0	2	4,7	2	2	3	0,0	0	0	3	marginal

FLF: Fisuras longitudinales por fatiga **FPC:** Fisuras piel de cocodrilo **AH:** Ahuellamiento **DL:** Depresiones o hundimientos longitudinales
DT: Depresiones o hundimientos transversales **B:** Bacheos y parcheos

Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 33. Resumen de fallas tipo "A" del carril "2" mediante Formato B2 del INVIAS

FORMATO B.2 RESUMEN DETERIOROS DEL TIPO "A" EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA CARRETERAS																	
POR SECCIÓN 100 m																	
Nombre de la carretera: _____										Proyecto: _____							
Código de la carretera: _____										Elaboró: _____		Fecha(dd/mm/aa): <input style="width: 30px;" type="text"/> / <input style="width: 30px;" type="text"/> / <input style="width: 30px;" type="text"/>					
PR: _____			al PR _____			Aprobó: _____			Fecha(dd/mm/aa): <input style="width: 30px;" type="text"/> / <input style="width: 30px;" type="text"/> / <input style="width: 30px;" type="text"/>			Hoja: _____			de: _____		



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo G_R
				AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad	
DE	HASTA	Long (m)	Long (m)	Long (m)	Long (m)	Long (m)				Long (m)			Long (m)			Long (m)			Long (m)
0+000	0+100	100	6,30	3,00	2,00	1,00	6,00	6,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,000
0+100	0+200	100	6,30	14,50	12,18	0,00	26,68	26,68	2,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2,000
0+200	0+300	100	6,30	4,00	18,00	0,00	22,00	22,00	2,00	16,10	16,10	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,000
0+300	0+400	100	6,10	5,00	13,50	6,79	25,29	25,29	2,00	16,00	16,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	1,00	2,000
0+400	0+500	100	6,30	5,20	10,10	0,00	15,30	15,30	1,00	63,00	63,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000

AH: Ahuellamiento **DL:** Depresiones o hundimientos longitudinales **DT:** Depresiones o hundimientos transversales
FLF: Fisuras longitudinales por fatiga **FPC:** Fisuras piel de cocodrilo **B:** Bacheos y parcheos

Nivel de Gravedad Representativo (G_R): Si $G_R < 1.5$ se toma 1
 Si $1.5 \leq G_R < 2.5$ se toma 2 Si $G_R \geq 2.5$ se toma 3

Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 34. Cálculo del índice de deterioro del carril “2” mediante formato “B4” del INVIAS

FORMATO B.4 RESUMEN CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL Is

POR SECCIÓN 100 m



Nombre de la carretera: _____ Proyecto: _____

Código de la carretera: _____ Elaboró: _____ Fecha(dd/mm/aa): _____

PR: _____ al PR _____ Aprobó: _____ Fecha(dd/mm/aa): _____ Hoja: _____ de: _____

Examen Visual

(1) Índice de Fisuración If		Extension		
	Gravedad	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
	1	1	2	3
	2	2	3	4
3	3	4	5	

Índice de Deformación Id		Extension		
	Gravedad	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
	1	1	2	3
	2	2	3	4
3	3	4	5	

(1) Cálculo efectuado separadamente de la fisuración longitudinal y la fatiga. Se adoptan el mayor de los dos valores calculados.

Primer Calificación del Índice de Deterioro, Is

	If	0	1 - 2	3	4 - 5
Id	0	1	2	3	4
1 - 2	3	3	4	5	
3	4	5	5	6	
4 - 5	5	6	7	7	

	Extension	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
Gravedad	1	0	0	0
2	0	0	+1	
3	0	+1	+1	

Corrección por reparación

Índice de Deterioro Superficial Is. 1 a 7

PR		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial Is	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial			Categoria	
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)				Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)				Bacheos y parcheos		Índice de Deterioro Superficial Final Is		
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	Extensión % de longitud	Gravedad	Id	Extensión % de longitud		Gravedad	Corrección			
DE	HASTA																
0+000	0+100	0,0	0	0	0,0	0	0	0	6,0	2	2	3	0,0	0	0	3	marginal
0+100	0+200	0,0	0	0	3,0	1	1	1	26,7	2	3	6	0,0	0	0	6	deficiente
0+200	0+300	16,1	2	3	0,0	0	0	3	22,0	2	3	5	0,0	0	0	5	deficiente
0+300	0+400	16,0	1	2	0,0	0	0	2	25,3	2	3	5	3,0	1	0	5	deficiente
0+400	0+500	63,0	1	3	0,0	0	0	3	15,3	1	2	4	0,0	0	0	4	marginal

FLF: Fisuras longitudinales por fatiga **FPC:** Fisuras piel de cocodrilo **AH:** Ahuellamiento **DL:** Depresiones o hundimientos longitudinales
DT: Depresiones o hundimientos transversales **B:** Bacheos y parcheos

Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Según los formatos anteriores los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 13. Resultados del Análisis Mediante Método “VIZIR”

Estado de la vía según cálculos mediante método VIZIR		
Abscisas	Estado de Carril 1	Estado de Carril 2
K0+000 - K0+100	Marginal	Marginal
K0+100 - K0+200	Marginal	Deficiente
K0+200 - K0+300	Deficiente	Deficiente
K0+300 - K0+400	Deficiente	Deficiente
K0+400 - K0+500	Marginal	Marginal

Fuente: Autores

6.3 CALCULO DE COSTOS DE AUSCULTACION DE LA VIA CON METODOS MANUALES

Según (Indeed, 2019), el salario de un ingeniero en Colombia oscila entre \$2'300.000 y \$4'200.000, sin incluir el factor prestacional; por lo tanto para los siguientes cálculos de costos, se estima que un ingeniero civil que realice actividades de auscultación tendrá un costo aproximado de \$15.000/hora. Para el costo de hora de trabajo de un auxiliar de ingeniería se tomó como base un salario de \$2'100.000, con lo cual tenemos un costo por hora de \$8.750 incluido prestaciones de ley. Para el personal de manejo de tráfico se consideró un salario de \$60.000 diarios incluido el factor prestacional, dando como resultado \$7.500 hora.

6.3.1 Estimación de Costos del Análisis Realizado Mediante Método VIZIR.

Costos para el Análisis realizado a 1000 m/carril : El tiempo de duración de la actividad de recolección de información a 1000m/carril (500 metros de calzada), fue de 6 horas aproximadamente, y el tiempo de tabulación y análisis de la información en oficina por parte del encargado de esta actividad (normalmente realizada por el ingeniero encargado), fue de 3 horas, quedando los costos estimados de la siguiente manera.

Tabla 14. Costos del personal de comisión de campo para análisis de 500 metros

Personal Requerido	Costo por hora	Total horas	Costo total
1 Ingeniero Civil	\$15.000	9	\$135.000
1 Auxiliar Evaluador	\$8.750	6	\$52.500
2 Auxiliares de trafico	\$7.500	6	\$90.000
		Total	\$277.500

Fuente: Autores

Lo expuesto en la anterior tabla son los costos estimados en lo referente a personal para realizar el análisis a 500 metros/calzada, es decir que para un total de 4.573 metros/calzada quedarían los costos de la siguiente, manera:

- $(\$277.500 / 500 \text{ m}) * 4.573 \text{ m} = \mathbf{\$2'538.000}$

Es importante resaltar que estos \$2'538.000, corresponden solamente a lo concerniente a la determinación del “Índice de deterioro superficial Is” en donde se realizan dos de las cuatro mediciones que se realizan con los equipos de alto rendimiento, es decir:

Mediciones realizadas manualmente:

- Ahuellamientos
- Evaluación de Grietas y Fisuras, Exudaciones, deformaciones, ondulaciones transversales y demás fallas expuestas en el formato “B1”

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Mediciones realizadas con equipos de alto rendimiento:

- Medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Con Equipo Laser
- Medición de Ahuellamiento Con equipo de Alto Rendimiento TPL
- Medición del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento Con equipo de Alto Rendimiento Mu Metter
- Evaluación de Grietas y Fisuras Exudaciones, deformaciones y ondulaciones transversales Con Cámara de Alta Resolución HD
- Medición de Macrotextura de pavimento con perfilómetro TPL

En este orden de ideas, aun faltaría por realizar un estimativo de costos para realizar manualmente las mediciones del índice de rugosidad internacional (IRI), el cual se realiza normalmente con un aparato llamado “Rugosímetro de Merlín” (cap. 4),, también realizar un estimativo de costos para las mediciones de “Resistencia al Deslizamiento”, el cual se realiza manualmente con un aparato llamado “Péndulo Británico” o “Péndulo de Fricción” (cap.4), y ´por ultimo un estimativo de costos para la medición de Macrotextura (cap. 4) con método volumétrico.

6.3.2 Estimativo De Costos Para Medición Del Índice De Rugosidad Internacional (IRI) De Forma Manual

Según norma Invias INV E-790-13 (numeral 4.2.2), se debe calcular el IRI cada 100 metros en ambas huellas de llanta, lo que hace necesario realizar este procedimiento con dos aparatos de medición (Rugosímetro o Perfilómetro Estático de Merlín, numeral 4.1.8.1) al mismo tiempo, por cuanto se hace indispensable la utilización de personal para manejo de tráfico (dos personas, una adelante y otra detrás de quienes realizan las mediciones), mientras se está efectuando esta labor,

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

y seria inconveniente económicamente hablando, utilizar estas dos personas para manejo de tráfico utilizando solo un Rugosímetro.

Según observaciones que se realizaron mientras utilizaban estos Rugosímetros para la determinación del IRI en el municipio de Girardot Cundinamarca, se pudo calcular que el rendimiento de este equipo en cuanto a la recolección de datos es de 20 m por minuto/huella (1 carril consta de 2 huellas). Una persona es la encargada de hacer avanzar el Rugosímetro, mientras otra persona que avanza al lado de la primera, es la encargada del registro de los datos arrojados por este aparato en la respectiva planilla (para una huella).

De acuerdo a la expuesto anteriormente, se puede deducir que se hace necesaria la contratación de 6 personas para la recolección de datos por cada carril, es decir 2 personas para cada huella y dos personas para el manejo de tráfico; como el rendimiento es de 20 m por minuto, y son un total de 9146 metros/carril, entonces calculamos el tiempo total estimado así:

- $(9146 \text{ m/carril}) / (20 \text{ (m/carril)} * \text{minuto}) = 457.3 \text{ minutos} = 7,62 \text{ horas aprox.}$

Lo anterior se resume en la siguiente tabla:

Tabla 15. Estimativo de Costos de Personal para Determinación del IRI manualmente

Personal Necesario	Horas De Trabajo	Costo Por Hora	Costo Total
1 Ingeniero Civil	3	\$ 15.000	\$45.000
2 Operadores De Rugosímetro	7,6	\$ 8.750	\$133.000
2 Registradores De Datos	7,6	\$ 8.750	\$133.000
2 Controladores De Trafico	7,6	\$ 7.500	\$114.000
Total			\$425.000

Fuente: Autores

6.3.3 Estimativo De Costos Para Determinación Del Coeficiente De Resistencia Al Deslizamiento y Textura Con Método Manual

La metodología manual utilizada para la recolección de información acerca del parámetro de resistencia al deslizamiento y del parámetro de Textura, es la que involucra la utilización de un “Péndulo Británico” (numeral 4.1.7.1), realizado mediante la norma INV 792-13, y la norma INV 791-13 respectivamente. En cuanto al rendimiento del personal para estos dos tipos de mediciones, se puede asimilar igual al rendimiento del levantamiento de fallas con el método VIZIR, puesto que por motivos de seguridad, se hace necesario la utilización de personal de manejo de tráfico (llamados paleteros) para ambos casos, y en este sentido es viable en cuanto a lo económico, ir a la par con el personal que realiza el levantamiento de fallas con el Método VIZIR para evitar la contratación de personal adicional para controlar el tráfico.

La estimación de costos quedaría de la siguiente forma:

Si para el levantamiento de fallas de 500m/calzada se tarda un total de 6,2 horas en campo, entonces para un total de 4.573m/calzada quedaría así:

- $(6,2 \text{ horas} / (500\text{m/calzada})) * (4.573\text{m/calzada}) = 56,7 \text{ horas}, =7 \text{ días laborares aprox.}$

Esta labor de medición de resistencia al deslizamiento en campo, es efectuada por un ingeniero y un auxiliar; adicionalmente el ingeniero debe tabular la información recolectada para presentar el informe, lo que representa un aproximado de 5 horas adicionales. Los costos totales de estas actividades se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Costos de personal para determinación de resistencia al deslizamiento

Personal Necesario	Horas de trabajo	Costo por hora	Costo total
1 Ingeniero Civil	61,7	\$15.000	\$925.500

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

1 Auxiliar	56,7	\$8.750	\$496.125
		Total	\$1.421.625

Fuente: Autores

6.3.4 Estimativo De Costos De Alquiler De Equipos Y Compra De Herramienta Menor

Para la realización de recolección de información de los diferentes parámetros descritos anteriormente, (levantamiento de fallas con método VIZIR, determinación de resistencia al deslizamiento e Índice de Rugosidad Internacional IRI), se hace necesario el alquiler de equipos como el Rugosímetro de Merlín y El Péndulo Británico, así como la compra de diferentes elementos como flexómetros y demás, los cuales se referencian en la siguiente tabla:

Tabla 17. Estimación de costos de herramienta menor y alquiler de equipos para auscultación

Equipo	Compra	Alquiler	Días De Alquiler	Costo Día De Alquiler	Costo Total
2 Flexómetros	X		-	-	\$20.000
1 Cinta Métrica	X		-	-	\$32.000
1 Odómetro	X		-	-	\$75.000
1 Perfil Metálico	X		-	-	\$20.000
1 Regla	X		-	-	\$2.000
Papelería	X		-	-	\$10.000
Pintura (Abscisado)	X		-	-	\$10.000
2 Rugosímetros Merlín		X	1	\$140.000	\$140.000
1 Péndulo Británico		X	7	\$50.000	\$350.000
1 Otros	X	X	-	-	\$100.000
Total					\$759.000

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fuente: Autores

6.3.5 Costos totales de los métodos manuales para auscultación de la vía

A continuación, se presenta un resumen de costos tanto de personal como de equipos, para la determinación de los diferentes parámetros como lo son índice de deterioro superficial I_s , resistencia al deslizamiento e índice de rugosidad internacional IRI, para un total de 4.573 metros de calzada, utilizando métodos manuales.

Tabla 18. Totalización de costos para un total de 4573 metros de auscultación de vía.

Ítem	Costo
Personal para determinar Índice de Deterioro Superficial "Is"	\$2.538.000
Personal para determinar Resistencia al Deslizamiento y Textura	\$1.421.625
Personal para determinar Índice de Rugosidad Internacional IRI	\$425.000
Equipos y herramientas necesarias	\$759.000
Total	\$5.143.625

Fuente: Autores

6.4 RECOLECIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESTADO CON EQUIPOS DE ÚLTIMA TEGNOLOGIA

Todos los procedimientos descritos en el numeral 6.2 y 6.3 se pueden realizar de forma muy rápida y con una mayor precisión, con equipos de última tecnología como los que se describen a continuación, y con los cuales se realizó la auscultación de un total de 4,57 Kilómetros/calzada de la vía San Javier – La Mesa Cundinamarca, para efectos de comparación de costos, y rapidez,

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

para así determinar cuál es el más apropiado para una posible implementación por parte de los municipios, que les permita desarrollar una mejor administración de las vías a su cargo.

A continuación, se describe cada uno de los parámetros que se determinan con estos equipos de alto rendimiento, realizando una descripción de cada uno de estos aparatos, y el procedimiento que se lleva a cabo para la recolección de información de datos, para posteriormente realizar la respectiva tabulación en oficina y obtener los resultados del estado de la vía en cuestión.

6.4.1 Índice De Rugosidad Internacional IRI Con Equipo Láser

Según lo descrito en el numeral 4.1.3 el objetivo de determinar El Índice de Rugosidad Internacional IRI, es la evaluación de la superficie de una franja de pavimento para así establecer las condiciones de confort de la misma para el uso de tráfico vehicular.

La determinación del IRI se realizó con utilización de 2 Perfilómetros Laser (uno para cada huella), de ROMDAS (Road Measurement Data Acquisition System), manufacturado por Data Collection Ltda. Compañía de Nueva Zelanda; este sistema permite medir de manera continua a velocidad de tráfico este índice, y cumple con las normas internacionales de medición, ASTM E950 y ASTM E1926; de acuerdo con la clasificación del Banco Mundial, este es un equipo Tipo 1, es decir son los más exactos para este tipo de mediciones.

Los cálculos de IRI se realizan teniendo en cuenta la norma INV E 794 –13 CÁLCULO DEL INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD DE CARRETERAS (IRI), y las mediciones se realizaron en cada uno de los carriles del tramo de la vía San Javier – La Mesa Cundinamarca, para un total de 9,14 kilómetros/carril auscultados.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

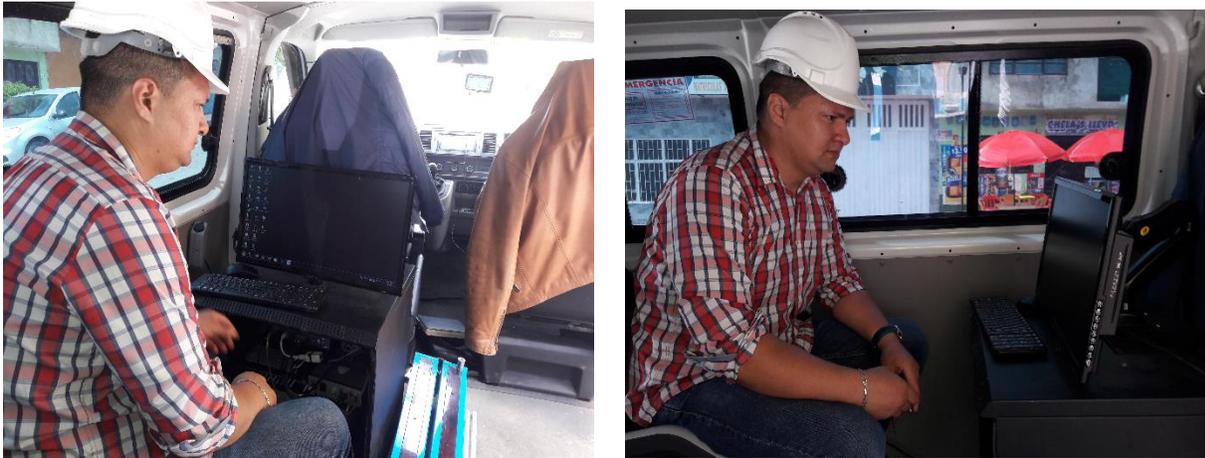
Fig. 35. Vehículo equipado con Perfilómetros láser utilizados en la auscultación



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 36. Vista general del interior del vehículo de medición del IRI



Fuente: Autores

6.4.1.1 Procedimiento para medición del IRI

El procedimiento de medición es bastante sencillo, puesto que simplemente el operador del equipo que va dentro del vehículo, enciende los aparatos de registro de datos y los demás instrumentos, y el vehículo inicia la marcha a velocidad del tráfico, mientras que un computador conectado al perfilómetro, va registrando todos los datos recolectados. El proceso de abscisado de la vía se realiza mediante un odómetro empotrado en una de las ruedas del vehículo. Las mediciones se realizaron cada 20 metros a una velocidad de tráfico.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 37. Auscultación a velocidad de tráfico (vista Exterior)



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 38. Procesamiento de datos en el interior del vehículo mientras se realiza auscultación a velocidad de tráfico



Fuente: autores

Fig. 39. Equipos de interconexión Perfilómetro – Computador (interior del vehículo)



Fuente: Autores

Fig. 40. . Odómetro interconectado al computador para registro de abscisas



Fuente: Autores

6.4.2 Medida De Ahuellamiento Mediante Registrador De Perfil Transversal TPL 2G

Esta medición se realizó con un Registrador de Perfil Transversal TPL, de ROMDAS (Road Measurement Data Acquisition System), manufacturado por Data Collection Ltda., el cual se utiliza para medir el Ahuellamiento de una superficie de pavimento utilizando sensores ultrasónicos de 3 generación, con mayores puntos de contacto. El TPL es una viga de aluminio. De 2,4 m la sección principal y dos alas que se extienden más allá de la sección principal. La medición se efectúa de manera sistemática cada 20m en cada uno de los carriles de las vías. Esta viga consta de un perfilómetro transversal con 24 sensores análogos con capacidad de elaborar un perfil transversal en pistas de aeropuerto; nos calcula ahuellamiento de acuerdo a las normas establecidas (La norma sobre la cual se establece este ensayo es la **INV E 793 – 13**, la cual indica que este ensayo también se puede realizar con regla rodante o estática, ambas de 3 metros de longitud)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 41. Registrador de perfil transversal TPL (vista lateral)



Fuente: Autores

Fig. 42. Registrador de Perfil Transversal TPL (vista frontal)



Fuente: Autores

6.4.2.1 Procedimiento De Medición De Ahuellamiento Con Registrador De Perfil Transversal TPL

El procedimiento para la obtención de datos de ahuellamientos con este equipo es el mismo que se describió en el numeral 6.4.1.1 en donde e la viga TPL recolecta información y le arroja los datos al computador para su procesamiento respectivo.

6.4.3 Medición De La Textura Mediante Viga TPL

Es de resaltar que, de forma simultánea y con el mismo equipo TPL se recolectan datos sobre la textura de la vía, es decir datos sobre “Macrotextura” (numeral 4.1.5.2) del pavimento asfáltico.

6.4.4 Medición Y Evaluación De Grietas Y Fisuras Mediante Cámaras De Alta Resolución

Esta medición se realizó con dos cámaras monocromáticas de 5.5MB de alta definición instaladas en el mismo vehículo de los perfilómetros; se recopiló la información de la superficie del pavimento tomando imágenes de alta calidad viajando a velocidad de tráfico, en donde tomaron imágenes de 2m de largo por 4m de ancho, para posteriormente en oficina realizar la tarea de procesamiento, interpretando las fallas existentes en el corredor vial y definiendo el área de afectación plasmando resultados en los formatos exigidos en el instituto nacional de vías, además estas imágenes recolectadas por las cámaras se procesan con un programa digital Data View, el cual interpreta los distintos tipos de fallo con sus respectivas longitudes.

6.4.4.1 Procedimiento De Recolección De Información De Grietas Y Fisuras Con Cámaras De Alta Resolución

Como se describió anteriormente el vehículo va equipado con dos cámaras, en donde una de ellas es instalada en la parte trasera del auto, apuntando verticalmente hacia el pavimento, para la toma de fotografías cada 2 metros y así poder observar detalladamente el estado de las grietas y fisuras que se encuentren en la carretera. La segunda cámara es llamada la “Cámara de Derecho de Vía”,

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

y es instalada en la parte superior delantera del vehículo, apuntando al frente en sentido de circulación, y toma datos, imágenes y video de la vía, para posteriormente analizar en oficina si existen irregularidades en la carretera como falta de señalización, deterioro o inexistencia de bermas y/o cunetas, o si estas se encuentran obstruidas con vegetación generando que el agua se desplace hacia la carretera, efecto que produce un rápido e inevitable deterioro de la misma.

El procedimiento es similar al descrito en el numeral 6.4.1.1, en donde las cámaras toman las respectivas imágenes y las envían instantáneamente al computador que está dentro del vehículo.

Fig. 43. Cámara trasera que apunta verticalmente al pavimento



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 44. Cámara de derecho de vía

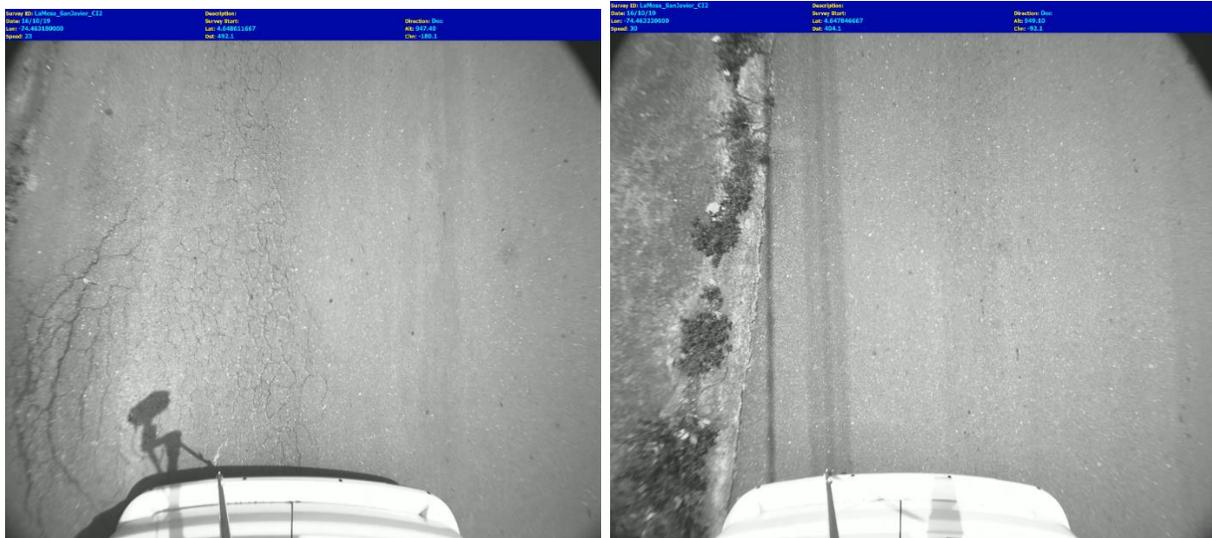


Fuente: Autores

Fig. 45. Ejemplo de fotos tomadas por cámara trasera

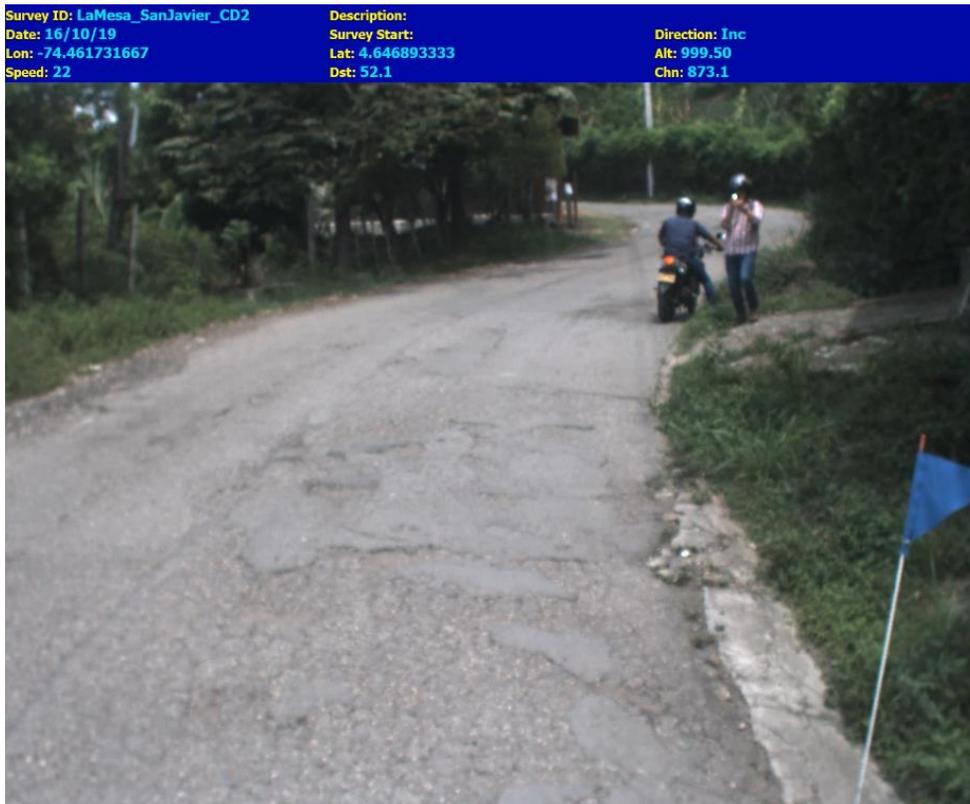


DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.



Fuente: Autores

Fig. 46. Ejemplo de foto tomada por cámara delantera.



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 47. Ejemplo de foto tomada por cámara delantera llegando al K04+573



Fuente: Autores

Fig. 48. Llegada de vehículo con perfilómetros y cámaras al K4+573



Fuente: Autores

6.4.5 Medida De Coeficiente De Resistencia Al Deslizamiento (CRD) Con Equipo De Alto Rendimiento (CFT) CONTINUOUS FRICTION TESTER (MU METER)

Esta medición se realizó con un equipo marca PAVETESTING ingleses de alto rendimiento, y con los cuales se obtiene el “Coeficiente de Fricción Transversal (Mu Meter)”; con este equipo se evalúa de manera continua la fricción a una velocidad entre 20 a 65 Km/hora.

Estos equipos constan de un remolque de tres ruedas en donde una de ellas funciona como odómetro y las otras dos nos dan el grado de inclinación para la resistencia al deslizamiento; dicho aparato es remolcado por un vehículo que va equipado con un tanque lleno de agua (generalmente de 1000 o menos dependiendo de la longitud del tramo), que proporciona una película de agua adecuada en relación a una velocidad específica; este equipo pesa un total de 254 Kg. Es importante destacar que estos equipos incorporan sistemas electrónicos de medición y su calibración es controlada por un microprocesador.

6.4.5.1 Procedimiento para medición de la resistencia al deslizamiento con equipo CFT

- El primer paso es realizar el llenado del tanque con suficiente agua dependiendo de la longitud a medir.
- Luego se ancla el remolque al vehículo que halara de este.
- Después se conecta el abastecimiento de agua al equipo CFT.
- Se conectan los medidores electrónicos al equipo de cómputo ubicado dentro del vehículo
- Se inicia la marcha a velocidad entre 20 a 65 km/h.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

- Se registran los datos durante todo el recorrido.

Nota: durante la marcha el equipo CFT siempre esta abastecido de agua en sus llantas laterales para que se deslicen simulando que la carretera esté en condiciones de humedad elevada.

Fig. 49. Tanque de agua para abastecer equipo CFT



Fuente: Autores

Fig. 50. Anclaje del equipo al vehículo y conexión de manguera de abastecimiento de agua



DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

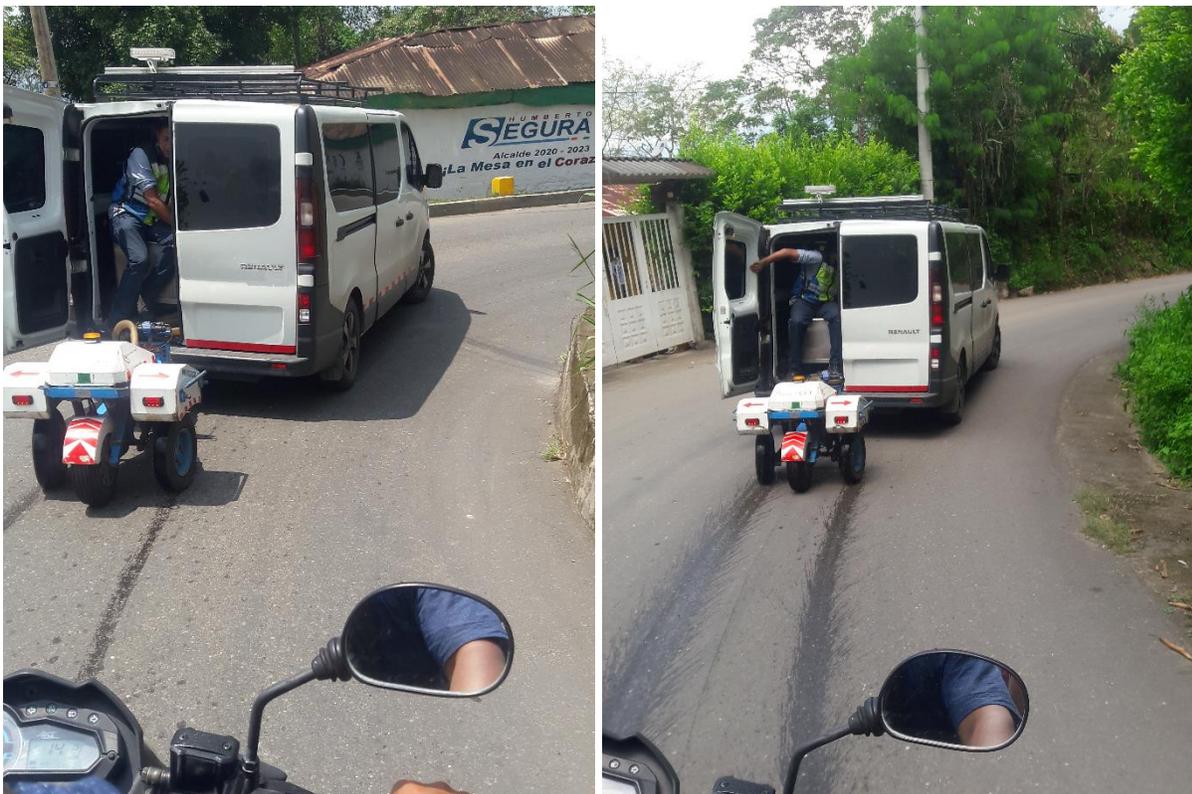
Fuente: Autores

Fig. 51. Conexión de dispositivos electrónicos del equipo CFT al equipo de computo



Fuente: Autores

Fig. 52. Procedimiento de medición de resistencia al deslizamiento



DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.



Fuente: Autores

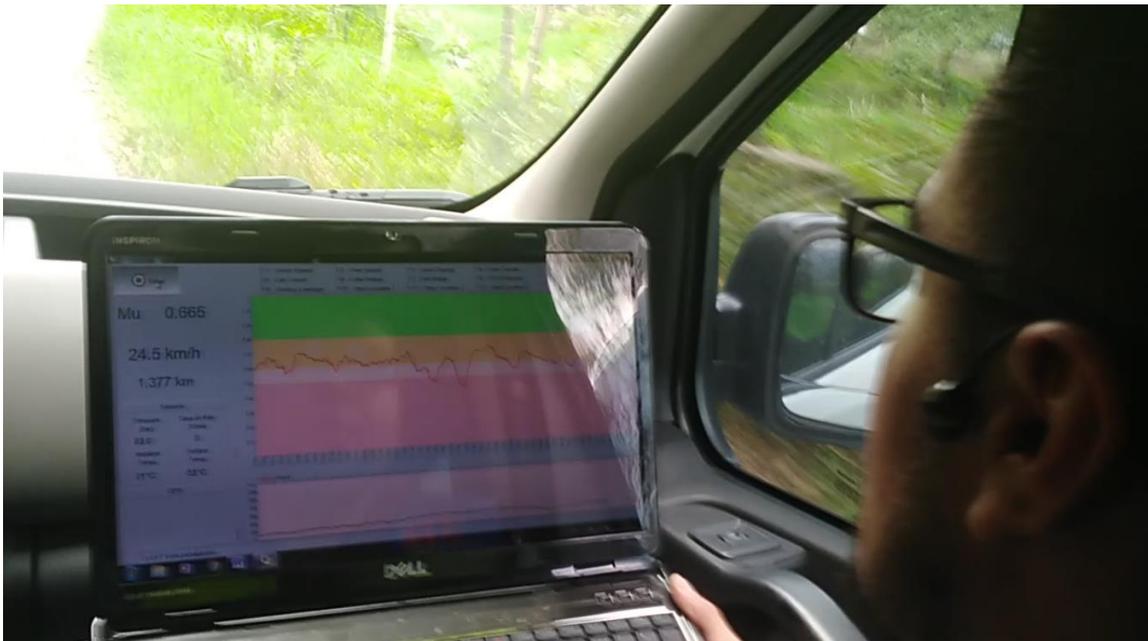
Fig. 53. Llegada del equipo CFT al K0+00 (izq.) y al K4+573 (der)



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 54. Proceso de registro de datos arrojados por equipo CFT



Fuente: Autores

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 55. Equipos con perfilómetros y cámaras(izq.), equipos CFT (der) en el K0+00



Fuente: Autores

6.5 RESULTADOS DE MEDICIONES CON EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO

Los datos que se muestran a continuación son los arrojados por el estudio realizado con equipos de última tecnología, en donde se encuentra una tabla con el resumen de cada parámetro por kilómetro auscultado con su correspondiente gráfica.

6.5.1 Resultados Del Índice De Regularidad Internacional (IRI)

A continuación, se muestra el formato de recolección de información de datos de la rugosidad, arrojados por el Perfilómetro Laser Rondas, y su respectivo método de tabulación:

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

INDICE DE RUGOSIDAD IRI m/Km

PROYECTO :	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA VÍA SAN JAVIER - LA MESA CUNDINAMARCA POR MEDIO DE EQUIPOS DE ÚLTIMA TECNOLOGÍA	FECHA:	15/10/2019
UBICACIÓN:	SAN JAVIER - LA MESA	SECTOR:	SAN JAVIER - LA MESA
CONTRATISTA: CONCESIONARIO:	LUIS CARLOS MURCIA, JUAN CUELLAR QUEVEDO, YOVANI CALDERON SERRANO	CALZADA:	CALZADA DERECHA
INTERVENTOR:	N/A	DEL PR0+000 AL PR4+500	

DATOS CRUDOS EMITIDOS POR PERFILOMETRO LASER ROMDAS (TIPO I)

PR	ABSCISA			VELOCIDAD	CARRIL INTER-NO	CARRIL EXTER-NO	IRI FILTRA-DO	OBSERVA-CIONES	IRI PRO-MEDIO CADA 100	IRI PRO-MEDIO Km
	20	0	20	8		30,00	30,00			
	40	20	40	21		25,40	25,40			
	60	40	60	29		7,20	7,20			
	80	60	80	28		3,32	3,32			
	100	80	100	28		4,84	4,84		14,15	
	120	100	120	34		2,00	2,00			
	140	120	140	36		2,95	2,95			
	160	140	160	40		2,51	2,51			
	180	160	180	38		3,43	3,43			
	200	180	200	35		2,90	2,90		2,76	
	220	200	220	38		2,49	2,49			
	240	220	240	43		2,32	2,32			
	260	240	260	43		4,84	4,84			
	280	260	280	39		4,93	4,93			
	300	280	300	38		6,16	6,16		4,15	
	320	300	320	42		5,34	5,34			
	340	320	340	39		7,23	7,23			
	360	340	360	36		4,84	4,84			
	380	360	380	39		6,68	6,68			
	400	380	400	40		5,96	5,96		6,01	
	420	400	420	38		6,73	6,73			

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

	440	420	440	42		5,52	5,52			
	460	440	460	45		5,27	5,27			
	480	460	480	44		4,56	4,56			
	500	480	500	39		6,00	6,00		5,62	
	520	500	520	34		5,86	5,86			
	540	520	540	35		9,93	9,93			
	560	540	560	36		4,06	4,06			
	580	560	580	34		5,60	5,60			
	600	580	600	31		10,64	10,64		7,22	
	620	600	620	35		9,96	9,96			
	640	620	640	23		11,37	11,37			
	660	640	660	13		27,15	27,15			
	680	660	680	18		13,35	13,35			
	700	680	700	21		6,37	6,37		13,64	
	720	700	720	27		4,11	4,11			
	740	720	740	26		5,93	5,93			
	760	740	760	25		5,80	5,80			
	780	760	780	26		7,76	7,76			
	800	780	800	23		14,03	14,03		7,53	
	820	800	820	23		21,69	21,69			
	840	820	840	30		29,63	29,63			
	860	840	860	42		20,04	20,04			
	880	860	880	43		15,50	15,50			
	900	880	900	42		13,90	13,90		20,15	
	920	900	920	38		16,60	16,60			
	940	920	940	35		16,09	16,09			
	960	940	960	20		13,39	13,39			
	980	960	980	19		7,37	7,37			
	1000	980	1000	31		7,90	7,90		12,27	9,35

Como se puede observar en el anterior formato de recolección de información del IRI, el perfilómetro realiza mediciones constantes de rugosidad, y en la casilla de “IRI Filtrado” se anota cada el promedio de rugosidad de 20 metros, posteriormente en oficina se determina el promedio de rugosidad cada 100 metros, y después el promedio de cada kilómetro como se muestra en la siguiente tabla de resúmenes por cada kilómetro.

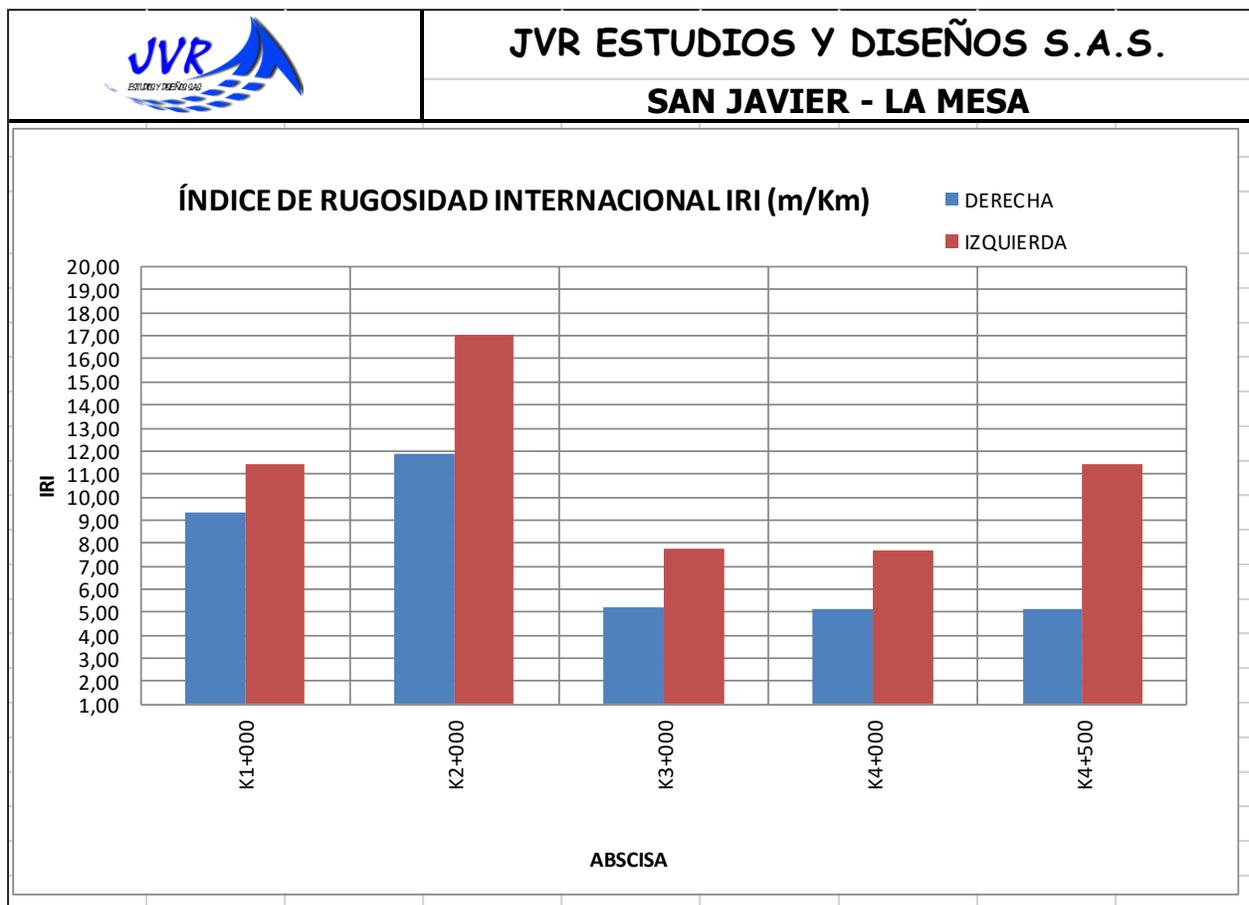
DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 19. Resumen de IRI por Kilometro

RESUMEN POR KILOMETRO				
PR		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	PROMEDIO
DEL	AL			
K0+000	K1+000	9,35	11,41	10,38
K1+000	K2+000	11,91	17,04	14,48
K2+000	K3+000	5,19	7,80	6,49
K3+000	K4+000	5,16	7,70	6,43
K4+000	K4+500	5,11	11,46	8,29
PROMEDIO X TRAMO				9,21

Fuente: JVR Estudios y Diseños

Gráfico 1. Índice de regularidad IRI por Kilómetro, arrojado por perfilómetro.



Fuente: JVR Estudios y Diseños

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Lo que se puede analizar de la anterior tabla, es que se presenta un mayor IRI en el carril Izquierdo de toda la vía en estudio, y el tramo que más presenta afectaciones de rugosidad es el comprendido entre el K1+00 y el K2+00.

6.5.2 Resultados Del Parámetro De Fisuras

Con las fotos tomadas por la cámara se analiza el área de cada fisura y se saca un porcentaje de área afectado por fisuras respecto al área total de la vía; esta información es analizada mediante un programa de reconocimiento de fallas Data View, el cual le da una calificación a las fallas (casilla tipo de daño en donde PC: piel de cocodrilo, y FL: fisuras Longitudinales), y al mismo tiempo arroja los datos del largo y el ancho de la falla (casillas de color amarillo del formato de evaluación de grietas y fisuras), tal como se muestra a continuación, para después realizar la respectiva tabulación en oficina y obtener así datos resumidos del porcentaje de fisuras por kilometro

Tabla 20. Resumen de porcentaje de grietas y fisuras por Kilómetro

RESUMEN	
	CALZADA UNICA
PR	% de Fisuras
PR1+000	33,63
PR2+000	48,92
PR3+000	10,19
PR4+000	9,56
PR4+500	5,17

Fuente: JVR Estudios y Diseños

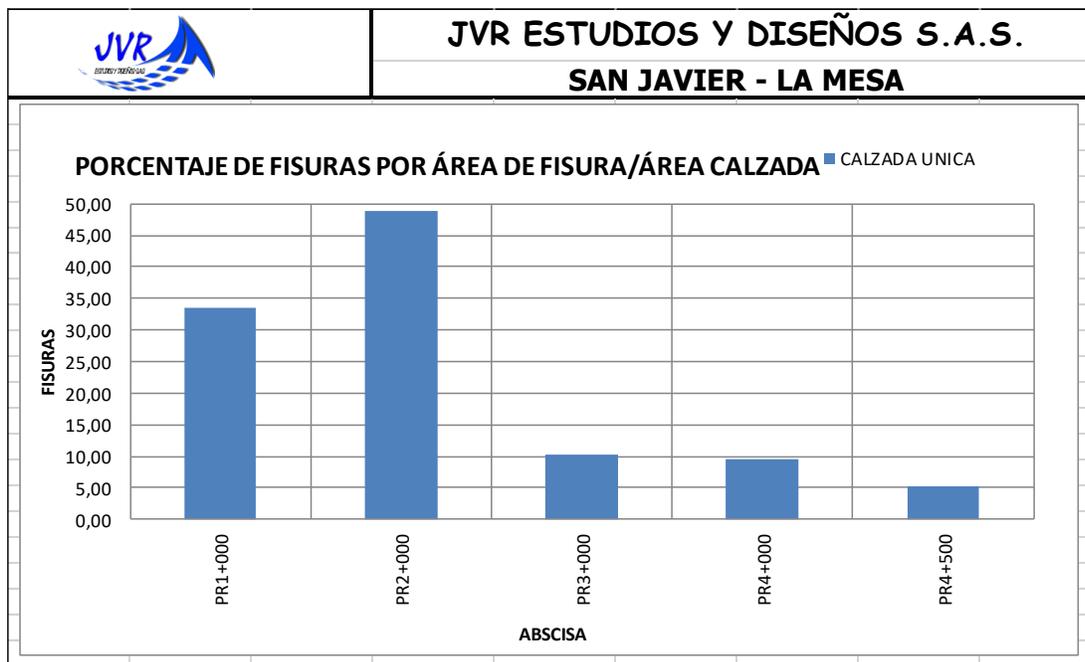
DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 56. Formato de recolección y tabulación de datos de fisuras desde K0+100 a K0+150

EVALUACION FISURAS Y GRIETAS															
FORMATO 2 A															
PROYECTO :		DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA VÍA SAN JAVIER - LA MESA						FECHA		15/10/2019					
CARRETERA:		SAN JAVIER - LA MESA						SECTOR		LA MESA - SAN JAVIER					
CONTRATISTA:		LUIS CARLOS MURCIA, JUAN CUELLAR QUEVEDO, YOVANI CALDERON SERRANO						CALZADA		DOBLE					
CONCESIONARIO:		N/A						DEL PR		0+000 AL PR 4+500					
INTERVENTORIA:		N/A													
CALZADA DERECHA						CALZADA IZQUIERDA									
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	Largo	Ancho	Area Fisurada m ²	Observaciones	ABSCISA	TIPO DE DAÑO	Largo	Ancho	Area Fisurada m ²	Observaciones	Total Area Fisurada m ²	Ancho Calzada m.	Area Calzada m ²	(Area Fisurada m ² / Area Calzada m ²) * 100
100	102			0,00		100	102			0,00					
102	104			0,00		102	104			0,00					
104	106			0,00		104	106			0,00					
106	108			0,00		106	108			0,00					
108	110			0,00		108	110			0,00					
110	112			0,00		110	112	PC	2	1,75	3,50				
112	114			0,00		112	114	PC	2	1,75	3,50				
114	116			0,00		114	116	PC	2	1,75	3,50				
116	118			0,00		116	118	PC	2	1,75	3,50				
118	120			0,00		118	120			0,00					
120	122			0,00		120	122			0,00					
122	124			0,00		122	124			0,00					
124	126			0,00		124	126			0,00					
126	128			0,00		126	128			0,00					
128	130			0,00		128	130	FLR	2	1	2,00				
130	132			0,00		130	132	FLR	2	1	2,00				
132	134			0,00		132	134			0,00					
134	136			0,00		134	136			0,00					
136	138			0,00		136	138	PC	2	1,75	3,50				
138	140			0,00		138	140	PC	2	1,75	3,50				
140	142			0,00		140	142	FLR	2	1	2,00				
142	144			0,00		142	144	FLR	2	1	2,00				
144	146			0,00		144	146			0,00					
146	148			0,00		146	148			0,00					
148	150			0,00		148	150			0,00					
SUMATORIAS				0,00						29,00		29,00	6,3	315,0	9,2063

Fuente: JVR Estudios y Diseños

Gráfico 2. Porcentaje de fisuras resumido por Kilometro



Fuente: JVR Estudios y Diseños

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Según la gráfica de porcentaje de fisuras, se evidencia que en los dos primeros kilómetros de la vía es en donde más se presentan grietas fisuras, siendo el tramo comprendido entre el K1+00 a K2+00 el tramo que presenta mayores afectaciones de este tipo.

En general se encontraron especialmente fusilamientos longitudinales de ramificación y pieles de cocodrilo.

6.5.3 Resultados De Resistencia Al Deslizamiento

A continuación, se presenta el formato en donde se recolecta información suministrado por el equipo CFT, en donde además se registran otros datos como la temperatura del pavimento y la velocidad a la que avanza el vehículo que remolca este equipo. Se registran datos promedios de resistencia al deslizamiento cada 20 metros, para después sacar un promedio cada 200 metros, para finalmente determinar el promedio de este parámetro por cada Kilometro tal como se muestra en la tabla de resumen de resistencia al deslizamiento.

Tabla 21. Resumen de datos de Resistencia al deslizamiento por kilómetro

RESUMEN POR KILOMETRO				
PR		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	PROMEDIO CALZADA
DEL	AL			
PR0+000	PR1+000	63,2	59,1	61,1
PR1+000	PR2+000	60,8	56,5	58,6
PR2+000	PR3+000	69,7	63,6	66,6
PR3+000	PR4+000	80,6	68,9	74,7
PR4+000	PR4+500	76,1	67,1	71,6
	PROM. VIA	70,07	63,02	66,55

Fuente: JVR Estudios y Diseños

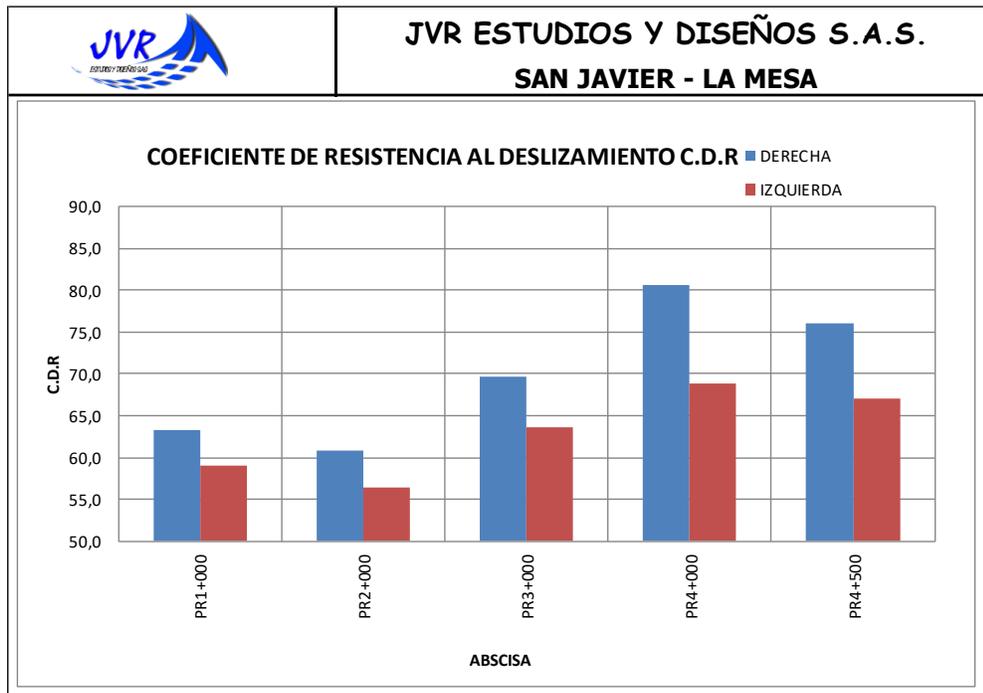
DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 57. Formato de recolección de datos de resistencia al deslizamiento con equipo CFT

COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO C.D.R										
NORMA INV E 792 - 07										
PROYECTO :	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA VÍA SAN JAVIER - LA MESA CUNDINAMARCA POR MEDIO DE EQUIPOS DE ÚLTIMA TECNOLOGIA						FECHA:	15/10/2019		
UBICACIÓN:	SAN JAVIER - LA MESA						SECTOR:	SAN JAVIER - LA MESA		
CONTRATISTA:	LUIS CARLOS MURCIA, JUAN CUELLAR QUEVEDO, YOVANI CALDERON SERRANO						CALZADA:	CARRIL DERECHO		
CONCESIONARIO:	N/A						PROMEDIO T. PAVIMENTO	30 °C		
INTERVENTOR:	N/A						DEL PR 0+000 AL PR 4+500			
DATOS CRUDOS EMITIDOS POR EL CFT (Mud Metter)										
PR	ABSCISA			VELOCIDAD	C.D.R. MU MEDIDO	C.D.R. MU CORREGIDO	Temp. Superficie	OBSERVACIONES	CDR PROMEDIO CADA 200	CDR PROMEDIO Km
	20	0	20	9	0,59	60,2	27			
	40	20	40	14	0,65	66,3	27			
	60	40	60	16	0,65	66,8	28			
	80	60	80	17	0,64	65,6	28			
	100	80	100	18	0,54	55,2	28			
	120	100	120	20	0,55	56,5	28			
	140	120	140	23	0,64	65,3	28			
	160	140	160	26	0,69	70,2	28			
	180	160	180	27	0,68	69,8	28			
	200	180	200	25	0,61	62,4	28		63,8	
	220	200	220	25	0,63	64,3	28			
	240	220	240	28	0,65	67,1	28			
	260	240	260	29	0,63	64,3	29			
	280	260	280	29	0,64	65,5	29			
	300	280	300	27	0,68	69,7	29			
	320	300	320	27	0,65	67,2	29			
	340	320	340	27	0,70	71,6	29			
	360	340	360	25	0,64	66,1	29			
	380	360	380	26	0,53	54,6	29			
	400	380	400	26	0,58	60,2	29		65,0	

Fuente: JVR Estudios y Diseños

Gráfico 3. Resultados de resistencia al deslizamiento con equipo CFT.



Fuente: JVR Estudios y Diseños

Según los datos que muestra el gráfico anterior, el tramo que presenta mayor resistencia al deslizamiento es el comprendido entre el K3+000 al K4+500, siendo el carril derecho el que mejores condiciones presenta. Es importante destacar que este es un tramo que intervenido en su totalidad hace aproximadamente 10 años, mientras que el resto del tramo solamente ha sido intervenido en la modalidad de reparacheos.

6.5.4 Resultados De Medición De Ahuellamientos

En el siguiente formato se incorporan los datos que arroja el perfilómetro en cuanto al parámetro de ahuellamientos y también se registra la velocidad a la que se realizó la auscultación. En oficina se realiza una sumatoria cada 100 m (casillas color amarillo), y después una sumatoria por kilómetro (casilla color azul), para posteriormente hacer una relación de ahuellamientos respecto a la longitud del tramo (casilla color verde)

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Fig. 58. Formato de recolección de datos de Ahuellamiento con Perfilómetro

EVALUACION DE AHUELLAMIENTO											
FORMATO 2											
PROYECTO :				DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA VÍA SAN JAVIER - LA MESA CUNDINAMARCA POR MEDIO DE EQUIPOS DE ÚLTIMA TECNOLOGIA				FECHA		15/10/2019	
UBICACIÓN:				SAN JAVIER - LA MESA				SECTOR		SAN JAVIER - LA MESA	
CONTRATISTA:				LUIS CARLOS MURCIA, JUAN CUELLAR QUEVEDO, YOVANI CALDERON SERRANO				CALZADA		DERECHA	
CONCESIONARIO:				N/A				DEL PR		K0+000 AL PR K4+500	
INTERVENTOR:				N/A							
DATOS CRUDOS EMITIDOS POR EL T.P.L. (PERFIL TRANSVERSAL)											
PR	ABSCISA			VELOCIDAD	Ps	Ls	Ps * Ls	SUMATORIA PRODUCTO SELECCIONADO 100 m	SUMATORIA PRODUCTO SELECCIONADO 1 Km	Σ Ps*Ls/Σ	OBSERVACIONES
	20	0	20	9	18,5	20	370,00				
	40	20	40	19	12,3	20	246,00				
	60	40	60	27	37,2	20	744,00				
	80	60	80	29	28,4	20	568,00				
	100	80	100	28	22,6	20	452,00	2380,00			
	120	100	120	31	12,6	20	252,00				
	140	120	140	35	2,3	20	46,00				
	160	140	160	37	3,5	20	70,00				
	180	160	180	40	1,6	20	32,00				
	200	180	200	35	1,8	20	36,00	436,00			
	220	200	220	36	26,0	20	520,00				
	240	220	240	40	13,8	20	276,00				
	260	240	260	43	30,9	20	618,00				
	280	260	280	41	6,8	20	136,00				
	300	280	300	38	28,7	20	574,00	2124,00			
	320	300	320	40	1,9	20	38,00				
	340	320	340	41	0,4	20	8,00				
	360	340	360	37	36,6	20	732,00				
	380	360	380	37	25,5	20	510,00				
	400	380	400	40	12,9	20	258,00	1546,00			
	420	400	420	38	42,5	20	850,00				
	440	420	440	40	27,8	20	556,00				
	460	440	460	44	27,1	20	542,00				
	480	460	480	45	7,4	20	148,00				
	500	480	500	43	3,6	20	72,00	2168,00			
	520	500	520	36	0,0	20	0,00				
	540	520	540	35	32,6	20	652,00				
	560	540	560	36	6,3	20	126,00				
	580	560	580	35	13,8	20	276,00				
	600	580	600	32	37,8	20	756,00	1810,00			
	620	600	620	33	2,0	20	40,00				
	640	620	640	31	22,5	20	450,00				
	660	640	660	13	62,7	20	1254,00				
	680	660	680	17	41,8	20	836,00				
	700	680	700	19	28,5	20	570,00	3150,00			
	720	700	720	26	8,9	20	178,00				
	740	720	740	27	6,1	20	122,00				
	760	740	760	25	41,4	20	828,00				
	780	760	780	26	93,6	20	1872,00				
	800	780	800	26	25,9	20	518,00	3518,00			
	820	800	820	17	19,4	20	388,00				
	840	820	840	13	9,8	20	196,00				
	860	840	860	18	23,0	20	460,00				
	880	860	880	21	9,3	20	186,00				
	900	880	900	24	12,2	20	244,00	1474,00			
	920	900	920	25	29,0	20	580,00				
	940	920	940	23	56,2	20	1124,00				
	960	940	960	24	25,6	20	512,00				
	980	960	980	25	3,3	20	66,00				
	1000	980	1000	27	12,5	20	250,00	2532,00	21138,00	21,14	

Fuente: JVR Estudios y Diseños

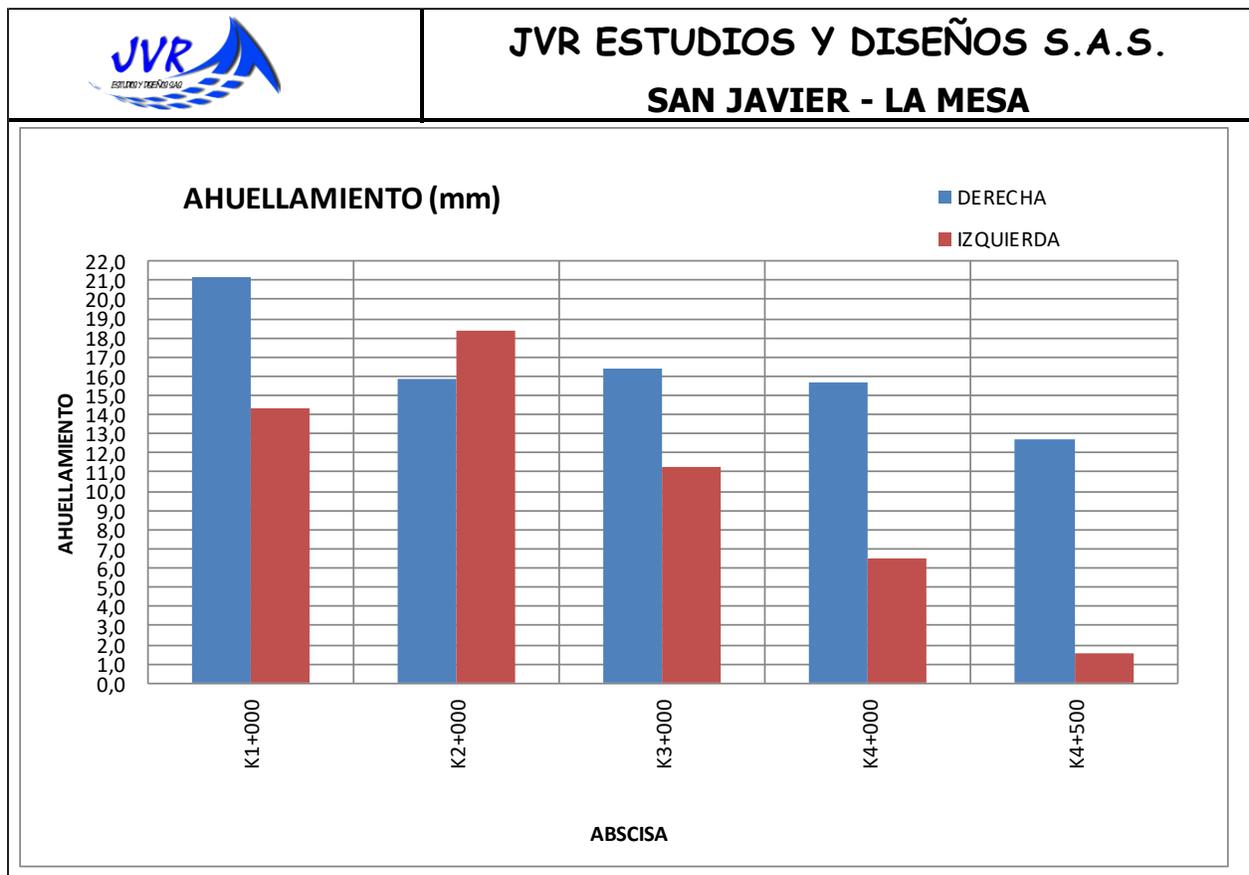
DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 22. Resumen de relación de ahuellamientos por kilómetro de vía.

RESUMEN POR KILOMETRO				
PR		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	PROMEDIO CALZADA
DEL	AL			
K0+000	K1+000	21,1	14,3	17,7
K1+000	K2+000	15,8	18,4	17,1
K2+000	K3+000	16,4	11,2	13,8
K3+000	K4+000	15,6	6,5	11,1
K4+000	K4+500	12,7	1,6	7,2
PROM. VIA		16,4	10,4	13,4

Fuente: JVR Estudios y Diseños

Gráfico 4. Representación de relación de ahuellamientos por kilómetro.



Fuente: JVR Estudios y Diseños

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Según la anterior gráfica, se puede observar que el carril derecho en su mayoría presenta ahuellamientos, mientras que el carril izquierdo presenta este tipo de daños mayormente en los tres primeros kilómetros de vía.

6.5.5 Resultados De Medición De Textura

A continuación, se presenta el resumen obtenido del formato de recolección de datos arrojados por el perfilómetro de 24 sensores en cuanto al parámetro de Macrotextura, en donde el equipo de alto rendimiento suministra datos promedios de cada 20 metros; primero se ausculta un carril y después el otro, pero en oficina la información se relaciona en el mismo formato para sacar un promedio entre los dos carriles en lo relacionado a Macrotextura (casillas color azul). Posteriormente se halla un promedio de este parámetro por kilómetro de vía.

Tabla 23. Resumen de Macrotextura por kilómetro,

RESUMEN POR KILOMETRO TEXTURA		
CALZADA ÚNICA		UNICA
K0+000	K1+000	1,60
K1+000	K2+000	1,44
K2+000	K3+000	1,25
K3+000	K4+000	1,14
K4+000	K4+500	1,04
PROMEDIO		1,29

Fuente: JVR Estudios y Diseños

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

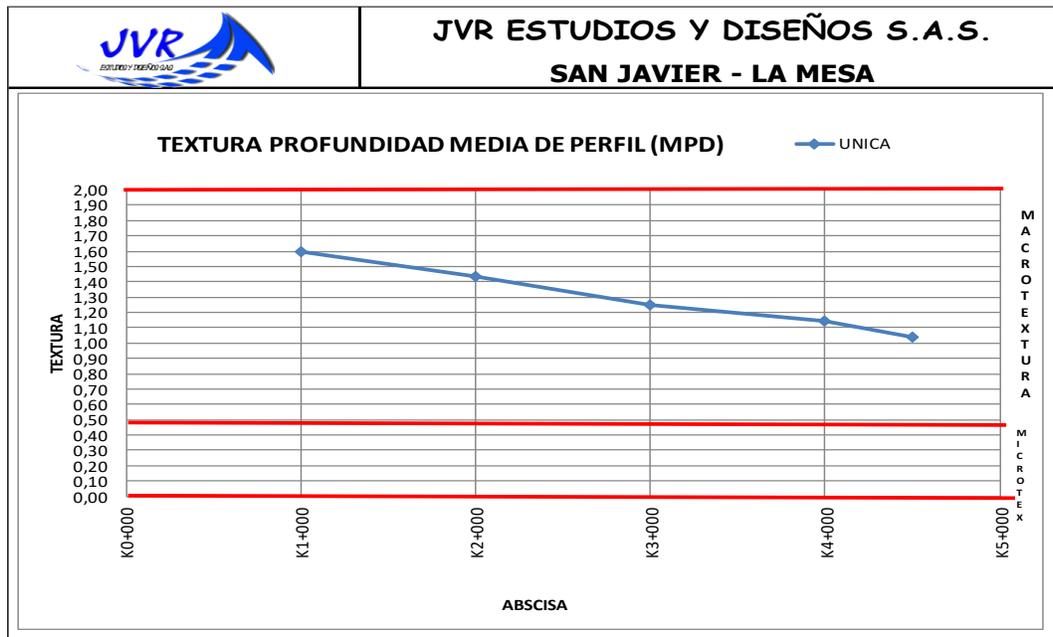
Fig. 59. Formato de recolección y tabulación de datos de Macrotextura con perfilómetro.

		ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S <small>AUSCULTACIÓN DE VÍAS</small> FORMATO DE CAMPO Y OFICINA					MEDICION DE MACROTEXTURA EN mm		<small>Cod</small> <small>F-LAB-008</small> <small>Ed 01Ene-09</small>	
PROYECTO :	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA VÍA SAN JAVIER - LA MESA CUNDINAMARCA POR MEDIO DE EQUIPOS DE ÚLTIMA TECNOLOGÍA					FECHA:	15/10/2019			
UBICACIÓN:	SAN JAVIER - LA MESA					SECTOR:	SAN JAVIER - LA MESA			
CONTRATISTA:	LUIS CARLOS MURCIA, JUAN CUELLAR QUEVEDO, YOVANI CALDERON SERRANO					CALZADA:	UNICA			
CONCESIONARIO:	N/A					VALOR ACEPTACION:	Valor Puntual (≥ 0.5 mm)			
INTERVENTOR:	N/A					PR:	0+000 - 4+500			
PR	ABSCISA		VELOCIDAD	TEXTURA (mm) DERECHA	TEXTURA (mm) IZQUIERDA	PROMEDIO TEXTURA (mm)	OBSERVACIONES	TEXTURA PROMEDIO Km	VALOR DE ACEPTACION MEDIO	
	20	0	20	8	0,89	5,32	3,10			
	40	20	40	21	0,89	1,73	1,31			
	60	40	60	29	0,82	1,89	1,35			
	80	60	80	28	0,85	2,03	1,44			
	100	80	100	28	0,89	1,94	1,42			
	120	100	120	34	0,94	1,93	1,43			
	140	120	140	36	0,81	2,17	1,49			
	160	140	160	40	0,85	1,98	1,42			
	180	160	180	38	0,88	1,71	1,30			
	200	180	200	35	0,97	1,66	1,32			
	220	200	220	38	0,88	1,65	1,26			
	240	220	240	43	1,13	1,91	1,52			
	260	240	260	43	1,05	2,20	1,62			
	280	260	280	39	0,93	2,06	1,49			
	300	280	300	38	0,95	1,86	1,40			
	320	300	320	42	0,97	1,78	1,37			
	340	320	340	39	0,95	2,34	1,64			
	360	340	360	36	1,12	2,15	1,63			
	380	360	380	39	1,03	2,14	1,59			
	400	380	400	40	0,95	2,35	1,65			
	420	400	420	38	0,97	1,91	1,44			
	440	420	440	42	1,00	1,85	1,42			
	460	440	460	45	0,92	1,95	1,44			
	480	460	480	44	0,92	2,20	1,56			
	500	480	500	39	0,99	2,54	1,77			
	520	500	520	34	0,93	2,29	1,61			
	540	520	540	35	1,04	0,88	0,96			
	560	540	560	36	1,03	0,81	0,92			
	580	560	580	34	1,27	0,77	1,02			
	600	580	600	31	1,02	1,00	1,01			
	620	600	620	35	0,88	0,64	0,76			
	640	620	640	23	1,61	0,87	1,24			
	660	640	660	13	2,67	0,91	1,79			
	680	660	680	18	2,39	1,95	2,17			
	700	680	700	21	2,40	2,20	2,30			
	720	700	720	27	1,79	2,32	2,05			
	740	720	740	26	2,06	2,23	2,15			
	760	740	760	25	2,06	2,27	2,16			
	780	760	780	26	2,27	2,22	2,24			
	800	780	800	23	1,91	2,07	1,99			
	820	800	820	23	2,45	3,05	2,75			
	840	820	840	23	3,21	1,21	2,21			
	860	840	860	30	2,42	1,07	1,74			
	880	860	880	42	2,64	1,51	2,07			
	900	880	900	43	1,96	0,54	1,25			
	920	900	920	42	1,79	0,57	1,18			
	940	920	940	38	1,97	0,47	1,22			
	960	940	960	35	2,89	0,55	1,72			
	980	960	980	20	2,39	0,68	1,53			
PR1	1000	980	1000	19	2,02	0,89	1,46	1,60	X	

Fuente: JVR Estudios y Diseños

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Gráfico 5. Representación de la Macrotextura de la vía San Javier – La Mesa Cund.



Fuente: JVR Estudios y Diseños

Según la gráfica, el tramo que mejores condiciones de “Macrotextura” presenta es el comprendido entre el K4+000 al K4+500, mientras que en el tramo del K0+000 al K2+000 es donde se tiene el caso contrario, pero en general la totalidad del tramo posee un promedio de 1.3 mm, lo que indica que esta vía se encuentra dentro del rango de “Bueno” según tabla de calificación del INVIAS.

6.5.6 Índice De Estado Resultante

A continuación, se muestran los factores de influencia de cada parámetro evaluado, y la tabla de calificación de los mismos para determinar el “Índice de Estado”

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

FACTORES DE INFLUENCIA	
ELEMENTO	FLEXIBLE
RUGOSIDAD	0,2
AHUELLAMIENTO	0,2
TEXTURA	0,2
FISURAS Y GRIETAS	0,2
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO	0,2
SUMATORIA	1

Tabla 24. Rangos de calificación por parámetros

TABLA DE CALIFICACIÓN

ELEMENTO	UNIDAD DE MEDIDA DE CALIFICACIÓN	RANGO DE CALIFICACIÓN			
		MUY BUENO 5 - 4	BUENO 4 - 3	REGULAR 3 - 2	MALO 2 - 0
Rugosidad	m/Km	2 - 3.5	3.5 - 4.5	4.5 - 6.5	6.5 - 12
Ahuellamiento	mm	0 - 6	6 - 13	13 - 25	25 - 40
Textura	mm	0 - 0.5	0.5 - 50	50 - 500	500 - 5000
Fisuras y Grietas	% Área Afectada	0 - 1	1.1 - 5	5.1 - 10	10.1 - 15
Resistencia al Deslizamiento	Coficiente Resistencia al Deslizamiento	100 - 55	55 - 45	45 - 35	35 - 0

Fuente: Norma INVIAS

Índice de estado:

Tabla 25. Determinación del índice de estado con calificación por tramo y factor de ponderación.

PR	Calzada	PR Inicial	PR Final	Long. (m)	FACTORES DE PONDERACIÓN					% CALIFICACIÓN POR TRAMO					Índice de Estado	
					IRI	AHUELLAMIENTO	TEXTURA	FISURAS	RESISTENCIA	IRI	AHUELLAMIENT	TEXTURA	FISURAS	RESISTENCIA	Calificación	
1	Unica	PR 0+000	PR 1+000	1000	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,12	0,52	0,96	0,00	0,83	2,4	
2	Unica	PR 1+000	PR 2+000	1000	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	0,53	0,96	0,00	0,82	2,3	
3	Unica	PR 2+000	PR 3+000	1000	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,59	0,97	0,39	0,85	3,2	
4	Unica	PR 3+000	PR 4+000	1000	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,41	0,65	0,97	0,42	0,89	3,3	
5	Unica	PR 4+000	PR 4+500	500	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,27	0,77	0,97	0,60	0,87	3,5	
Total Longitud Medida				4500											CALIFICACIÓN TRAMO	2,9

Fuente: JVR Estudios y Diseños

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

Tabla 26. Calificación de la vía San Javier –La Mesa Cundinamarca

		ESTUDIOS Y DISEÑOS S.A.S <small>AUSCULTACION DE VIAS</small> <small>FORMATO RESUMEN DE OFICINA</small>							
PROYECTO:	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTADO DE LA VÍA SAN JAVIER - LA MESA CUNDINAMARCA POR MEDIO DE EQUIPOS DE ÚLTIMA TECNOLOGIA								
UBICACIÓN:	SAN JAVIER - LA MESA								
CONTRATISTA:	LUIS CARLOS MURCIA, JUAN CUELLAR QUEVEDO, YOVANI CALDERON SERRANO								
INTERVENTOR:	NA								
Depto.	No.	TRAMO (Alcance Definitivo)	INICIO	FIN	Alcance Definitivo	LONGITUD TRAMO	CALIFICACIÓN TRAMO	CUMPLE	
CUNDINAMARCA	1	San Javier - La Mesa	K0+000	K4+500	Unica	4.500	2,9	SI	NO
SUMATORIA INDICE DE ESTADO						4.500	2,9		X

Fuente: JVR Estudios y Diseños

Según los datos arrojados por el estudio realizado con equipos de alto rendimiento se llega a la conclusión de que el promedio de calificación de la es de 2,9, con el rango de calificaciones de la tabla 9-2, Norma INV E 793 – 07. Teniendo en cuenta las exigencias de calificación para esta vía y de acuerdo a los resultados obtenidos NO estaría cumpliendo esta medición.

6.5.7 Comparación de costos entre los métodos manuales y con equipos de alto rendimiento.

Total, de costos con métodos manuales incluido equipos y herramientas: **\$5.143.625**

Total, de costo del estudio realizado con equipos de alto rendimiento: **\$1'600.000**

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de realizada esta investigación, se puede concluir que existen diferentes métodos para realizar la auscultación de carreteras, en donde unos de estos involucran procedimientos manuales con la utilización de instrumentos especializados para tal fin, y otros se realizan mediante la utilización de equipos de alto rendimiento como perfilómetros, cámaras HD y equipos CFT, siendo estos últimos los más eficientes para la realización de estas actividades según los resultados obtenidos, puesto que según los cálculos realizados, para la recolección, análisis y tabulación de datos recolectados en campo, y la realización del respectivo informe con los resultados, es un 68,8% más económico realizarlo mediante la utilización de equipos con tecnología avanzada y de alto rendimiento, en comparación con los métodos manuales, pues el costo de realizar estos procedimientos para determinar el “Índice de Estado” de forma manual es de un poco más de 5 millones de pesos para un tramo de 4,5 Km de calzada, mientras que con los métodos el alto rendimientos mencionados anteriormente es de 1,6 millones de pesos, algo que es contrario a lo que normalmente se cree, pues durante la investigación se tuvo la oportunidad de consultar con diferentes personas acerca de este tema, incluyendo profesionales en ingeniería civil, y la gran mayoría de estos tienen la percepción de que en este tipo de estudios con equipos automatizados es muy costoso, y el resultado de la investigación confirma que no es así.

Otro aspecto importante para destacar es que se pudo determinar que los métodos de auscultación de carreteras con equipos de alto rendimiento, no solo son más económicos sino que además se pueden obtener los resultados con su respectivo análisis e informe, en un menor tiempo que con los métodos manuales, puesto que según los análisis de duración de actividades de los métodos

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

manuales tienen una duración de aproximadamente 7 días hábiles (la que más tiempo tarda en realizarse), mientras que con los métodos automatizados se obtiene el informe con resultados en un término de 5 días hábiles; es importante mencionar que el tiempo de duración de auscultación con métodos manuales se puede disminuir significativamente dependiendo del número de cuadrillas que se utilicen para tal fin, aunque resultaría un poco difícil conseguir varias cuadrillas con personal capacitado y con experiencia en este tipo de actividades para ser contratados por un corto tiempo.

Vale la pena mencionar que durante la inspección visual que se realizó en el tramo de 500 metros de la vía San Javier-La Mesa Cundinamarca, para recolectar información acerca de los deterioros de esta, se tuvo dudas en ciertas oportunidades acerca de la caracterización del tipo de falla que se analizaba, lo cual obligaba a consultar la norma para no cometer errores y poder darle la calificación adecuada, lo cual hacia más demorado del trabajo; es por esto que se recomienda que para la auscultación de vías de forma manual, se verifique muy bien los conocimientos en cuanto a la aplicación de la normatividad pertinente y la experiencia del personal que se va a destinar para estas actividades, pues de no ser así, se perdería precisión del resultado final.

Otro aspecto importante que se evidencio, y que le suma aún más valor a los métodos de auscultación con equipos de alto rendimiento, es que con estos no se generan traumatismos en la circulación vial, pues estos vehículos en los que van empotrados los aparatos de medición, se desplazan a una velocidad normal de tráfico, contrario a lo que pasa con los métodos manuales en los que se tiene que reducir la transitabilidad a un solo carril en el tramo de vía que se esté inspeccionando.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

En cuanto a los datos arrojados por la auscultación con el método manual “VIZIR”, se pudo determinar que este tramo de vía de K0+00 al K0+500, se encuentra en una condición que oscila entre “marginal” y “deficiente”. En cuanto a los resultados obtenidos con los métodos de alto rendimiento, se pudo analizar que el tramo que presenta mayores complicaciones y deterioros es el comprendido entre las abscisas K1+000 y K2+000, pues según las gráficas muestran que este tramo presenta un mayor grado de fisuración, una menor resistencia al deslizamiento y un mayor índice de rugosidad. En términos generales esta vía en sus 4,57 Km obtuvo una calificación de “Índice de Estado de 2,9”, lo que indica que según la tabla de calificación del INVIAS, se concluye que se encuentra en un estado regular.

Una recomendación muy importante en cuanto a las actividades de recolección de datos en la vía, ya sea por métodos manuales o con equipos de alto rendimiento, es que estas no se deben programar para realizarse en tiempos lluviosos, puesto que si se presentara este tipo de condición climática al momento de estar realizando una auscultación, no se pueden realizar dichas actividades, pues esto afectaría considerablemente los resultados del estudio; por ejemplo para la determinación de la resistencia al deslizamiento, el equipo CFT va suministrando una cantidad de agua la cual es proporcional a la velocidad del vehículo que lo remolca, y si la superficie del pavimento se encontrara húmeda, esta cantidad de agua ya no estaría bajo control y además podría generar el efecto de hidropneumático en el equipo; por otra parte tampoco se pudieran obtener datos exactos de Macrotextura, pues la viga TPL mide este parámetro por medio de unos láseres que envían unas señales al pavimento y estas indican una medida de profundidad respecto a una superficie plana de la capa de rodadura, y al estar estos espacios (entre agregado) ocupados por agua, el láser del equipo no llegaría hasta la profundidad real sino hasta donde se encuentra la

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

capa de agua; en resumen, la medición de cada parámetro bajo condiciones de lluvia es inconveniente pues obtendríamos datos inexactos del estado de la vía.

Una recomendación final teniendo en cuenta que el resultado de la investigación demuestra que los métodos de auscultación con métodos de alto rendimiento verdaderamente no son tan costosos, es que este tipo de estudios se efectúen a nivel municipal, con el fin tener un inventario del estado de deterioro de las vías a su cargo, para así poder implementar los planes de mejoramiento de estas vías de una forma mucho mas eficiente.

8 Referencias

Aguado, E. R. (2014). *Firmes y Pavimentos de Carreteras y Otras Infraestructuras* (Vol. 1).

Madrid, España: IBERGACETA Publicaciones.

Álvarez, S. (11 de 10 de 2019). *Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin*. Obtenido de

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100006

CEDEX. (07 de 06 de 2019). *Centro de Estudios y Experimentos de Obras Publicas*. Obtenido de

http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CET/EQUIPAMIENTO/DetallesPerfilometro.htm

Concreservicios S.A.S. (14 de octubre de 2019). *Ingenieria Especializada y Consultoria*.

Obtenido de <http://site.concreservicios.com.co/index.php/pendulo-britanico/>

DGCA Chile. (15 de octubre de 2019). *Medicion del Coeficiente De Roce*. Obtenido de

https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ALACPA11/DIA%204%20-%204_Medicion%20del%20coeficiente%20de%20roce.pdf

Estados Unidos Mexicano. (22 de Octubre de 2019). *CSV. CONSERVACION*. Obtenido de

<https://normas.imt.mx/normativa/N-CSV-CAR-1-03-006-16.pdf>

Gipsas. (14 de octubre de 2019). *Gestion Integral De Pavimientos*. Obtenido de

<https://gipsas.com.co/index.php/productos/8-productos/5-mu-meter>

Indeed. (29 de 10 de 2019). *Salarios En Colombia*.

INTERSAP. (2019). *Evaluacion Del Indice De Estado*. La Mesa Cundinamarca: Concesión

Desarrollo Viál de la Sabana.

DETERMINACION DEL INDICE DE ESTADO DE LA VIA SAN JAVIER-LAMESA CUND.

INVIAS. (30 de 08 de 2019). *normas invia sección 700 y 800*. Obtenido de

[file:///E:/DOCUMENTS/Downloads/SECCIONES%20700%20Y%20800%20\(segunda%20parte\)mod_2013-NOV-15.pdf](file:///E:/DOCUMENTS/Downloads/SECCIONES%20700%20Y%20800%20(segunda%20parte)mod_2013-NOV-15.pdf)

Patiño, M. C. (1998). *ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED NACIONAL DE CARRETERAS DE MEXICO*. Obtenido de

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt108.pdf>

Reyes, F. L. (1 de julio de 2011). *Researchgate.net*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/267844248_AHUELLAMIENTO_EN_MEZCLAS_ASFALTICAS_POR_LA_ADICION_DE_RESIDUOS_DE_PLASTICO_COMO_R EEMPLAZO_DE_MATERIAL

Roco, V. (14 de octubre de 2019). *EVALUACION DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO*.

Obtenido de

http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/33VictorRocoResistenciaDeslizamiento.pdf

Ruiz, T. G. (2014). *LANAMME.URC*. Obtenido de [http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/productos-PITRA/Investigaciones/2004/LM-PI-PV-IN-24a-04%20INDICE%20DE%20REGULARIDAD%20INTERNACIONAL.pdf)

[nuevo/images/productos-PITRA/Investigaciones/2004/LM-PI-PV-IN-24a-04%20INDICE%20DE%20REGULARIDAD%20INTERNACIONAL.pdf](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/productos-PITRA/Investigaciones/2004/LM-PI-PV-IN-24a-04%20INDICE%20DE%20REGULARIDAD%20INTERNACIONAL.pdf)

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología De La Investigación* (Vol. sexta edición). Mexico D.F.: McGraw Hill Education.

Valencia, L. E. (2012). *Envejecimiento Del Pavimento Asfaltico*. Saarbrucken, Alemania:

Academia Española.