



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: **WILDER AMIEL ANAYA CHAVEZ**

Código de alumno: 112.0904.327

Teléfono: 957313749

Correo electrónico: [wil270394@gmail.com](mailto:wil270394@gmail.com)

DNI o Extranjería: 70774132

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

**"CONDICIÓN DE TRANSITABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA EL MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL DE LA CARRETERA AN-111 SAN MARCOS – CARHUAYOC KM 0+000 AL KM 5+000, CON EL USO DEL RUGOSIMETRO DE MERLIN, PROVINCIA HUARI – ANCASH – 2019".**

**5. Facultad de: INGENIERÍA CIVIL**

**6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA CIVIL**

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: ALVA VILLACORTA, OSCAR FREDY

Teléfono: 943608693

Correo electrónico: [ovalvav@unasam.edu.pe](mailto:ovalvav@unasam.edu.pe)

DNI o Extranjería: 31633343

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: 70774132

FECHA: 15 / 12 / 2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH**  
**“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

Escuela profesional de Ingeniería Civil

**"CONDICIÓN DE TRANSITABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE,  
PARA EL MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL DE LA  
CARRETERA AN-111 SAN MARCOS – CARHUAYOC KM 0+000 AL KM  
5+000, CON EL USO DEL RUGOSIMETRO DE MERLIN, PROVINCIA  
HUARI – ANCASH – 2019".**

**TESIS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

ANAYA CHÁVEZ, WILDER AMIEL

**ASESOR:**

Ing. ALVA VILLACORTA, OSCAR FREDY

**Huaraz – Ancash - Perú**

**2019**

## Dedicatoria

A DIOS por el don de la vida, por estar conmigo a cada paso que doy cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A la memoria de mi padre, quien en vida fue Fulgencio Almaquio Anaya Salazar, quien desde el cielo me guía y cuida.

A mi madre Juliana Chávez Garay, por el apoyo y amor incondicional, y por ser la mejor madre.

A mi hermana Mirtha Anaya y mi cuñado Constantino Ponce por los consejos y ánimos de luchar siempre por mis sueños.

## Agradecimiento

Agradecimiento sincero al Ing. Oscar Alva Villacorta, por el asesoramiento, paciencia, comprensión y motivación en el desarrollo de la presente Tesis. A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes contribuyeron en mi formación profesional

Al ingeniero Wilbert Paredes, por el apoyo con el equipo del rugosímetro de merlín.

## Índice

Capítulo I .....	1
Planteamiento de la Investigación .....	1
1.1. Situación problemática.....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema general. ....	3
1.2.2. Problemas específicos. ....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
1.4. Justificación .....	4
1.5. Hipótesis de la investigación .....	7
1.5.1. Hipótesis general.....	7
1.5.2. Hipótesis específicas.....	7
1.6. Variables .....	7
Capitulo II.....	8
Marco Teórico.....	8
2.1. Antecedentes de investigación.....	8
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. Evaluación funcional de pavimentos. ....	14
2.2.2. Índice de serviciabilidad presente (PSI) .....	14
2.2.3. Relación entre la rugosidad (IRI) y la serviciabilidad (PSI).....	16
2.2.4. Índice de rugosidad internacional (IRI), con el rugosímetro de Merlín. ....	18
2.2.4.1. Antecedentes.....	18
2.2.4.2. Definiciones. ....	19

2.2.4.3. Escalas y características del IRI.....	20
2.2.4.4. Especificaciones técnicas actuales para rugosidad. ....	21
2.2.5. Metodología para la determinación de la rugosidad. ....	22
2.2.5.1. Fundamentos teóricos. ....	22
2.2.5.2. Correlaciones D versus IRI.....	24
2.2.6. Método de medición. ....	25
2.2.6.1. El rugosímetro de Merlín. ....	25
2.2.6.2. Ejecución de ensayos .....	29
2.2.7. Método para el cálculo de la rugosidad. ....	32
2.2.7.1. Cálculo del rango “D”.....	32
2.2.7.2. Factor de corrección para el ajuste de “D”. ....	33
2.2.7.3. Variación de relación de brazos. ....	34
2.2.7.4. Cálculo del rango “D” corregido. ....	34
2.2.7.5. Determinación de la rugosidad en la escala del IRI.....	34
2.2.8. Tipos de fallas y niveles de gravedad en pavimentos flexibles. ....	35
2.2.8.1. Clasificación de los deterioros o fallas. ....	35
2.2.9. Mantenimiento o conservación vial.....	38
2.2.9.1. Conservación vial.....	38
2.2.9.2. Gestión de la conservación vial. ....	38
2.2.9.3. Tipos de Mantenimiento o conservación vial. ....	40
2.2.9.5. Ciclo de conservación vial. ....	62
2.2.9.6. Niveles de servicio.....	63
2.3. Definición de términos.....	63
Capítulo III.....	68
Metodología de la Investigación.....	68

3.1. Perspectiva metodología y tipo de investigación.....	68
3.1.1. Tipo de investigación.....	68
3.1.2. Nivel de investigación.....	68
3.1.3. Orientación de investigación.....	69
3.1.4. Enfoque de investigación.....	69
3.1.5. Diseño de investigación. ....	69
3.2. Límites de la investigación .....	69
3.3. Contexto y unidad de análisis: población y muestra.....	70
3.3.1. Contexto.....	70
3.3.2. Población y muestra.....	71
3.4. Métodos y recursos empleados .....	71
3.5. Procedimiento de recolección y análisis de datos.....	72
Capitulo IV.....	76
Resultados y Discusión .....	76
4.1. Condición de transitabilidad del pavimento flexible. ....	76
4.2. Fallas presentes encontradas en el pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc. ....	90
4.3. Soluciones de mantenimiento o conservación vial de la carretera .....	99
4.4. Contrastación de hipótesis. ....	101
4.4.1. Hipótesis general.....	101
4.4.2. Hipótesis específicas.....	101
Conclusiones.....	102
Recomendaciones .....	103
Referencia bibliográfica.....	104
Anexos .....	107

Anexo 01: Formatos para medición de la rugosidad con merlín (hoja de campo). .....	108
Anexo 02: Cálculo del índice de rugosidad internacional (m/km). .....	110
Anexo 03: Matriz de consistencia.....	175



## Índice de tablas

Tabla 1: Escala de Índice de Serviciabilidad .....	16
Tabla 2: Estado de la condición de transitabilidad en función del PSI.....	17
Tabla 3: Estado superficial en función del IRI .....	18
Tabla 4: Formato para la recolección de datos de campo.....	31
Tabla 5: Deterioros o fallas de los pavimentos flexibles.....	37
Tabla 6: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 01, km 0+000 al km 0+400.....	80
Tabla 7: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 02, km 0+400 al km 0+800.....	81
Tabla 8: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 03, km 0+800 al km 1+200.....	82
Tabla 9: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 04, km 1+200 al km 1+600.....	83
Tabla 10: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 05, km 1+600 al km 2+000.....	84
Tabla 11: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 06, km 2+000 al km 2+400.....	85
Tabla 12: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 07, km 2+400 al km 2+800.....	86
Tabla 13: Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 08, km 2+800 al km 3+200.....	87
Tabla 14: Condición de transitabilidad de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc.....	88
Tabla 15: Fallas encontradas en la carretera AN-111, San Marcos - Carhuayoc.: .....	99
Tabla 16: Soluciones a los daños encontrados en la carretera AN-111, San Marcos - Carhuayoc. .....	100

## Índice de figuras.

Figura 1: Carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.....	6
Figura 2: Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos. ....	20
Figura 3: Grafica típica del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo. ....	21
Figura 4: Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedia. ....	23
Figura 5: Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva. ....	24
Figura 6: Rugosímetro de merlín empleado para los ensayos en esta tesis. ....	27
Figura 7: Esquema del Rugosímetro de merlín.....	27
Figura 8: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la Superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.....	29
Figura 9: Diagrama del ciclo de vida fatal de la vía. ....	62
Figura 10: Diagrama del ciclo de vida deseable de la vía.....	63
Figura 11: Ubicación de la carretera San Marcos – Carhuayoc –Hacienda Palmar (AN-111). ...	71
Figura 12: Esquema para la medición del IRI con el rugosímetro de Merlín.....	75
Figura 13: Carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc (tramo de estudio). ....	76
Figura 14: Condición de Transitabilidad de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. ....	89

## Índice de fotografías

Fotografía 1: Sellado de fisuras y grietas.....	44
Fotografía 2: Parchado superficial.....	48
Fotografía 3: Falla encontrada para el parchado profundo en la calzada. ....	51
Fotografía 4: Sellos asfálticos.....	55
Fotografía 5: Recapeos asfálticos. ....	56
Fotografía 6: Fresado de carpeta asfáltica. ....	59
Fotografía 7: Microfresado de carpeta asfáltica.....	61
Fotografía 8: Calibración del brazo móvil, en el número 25 de la escala de medición. ....	77
Fotografía 9: Nivelación con la pastilla de 6mm, el equipo del rugosímetro de merlín. ....	77
Fotografía 10: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 01. Progresiva km 0+020. ....	80
Fotografía 11: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 01. Progresiva km 0+320. ....	80
Fotografía 12: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 02. Progresiva km 0+500. ....	81
Fotografía 13: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 02. Progresiva km 0+720. ....	81
Fotografía 14: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 03. Progresiva km 0+900. ....	82
Fotografía 15: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 03. Progresiva km 1+100. ....	82
Fotografía 16: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 04. Progresiva km 1+380. ....	83
Fotografía 17: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 04. Progresiva km 1+450. ....	83
Fotografía 18: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 05. Progresiva km 1+750. ....	84
Fotografía 19: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 05. Progresiva km 1+900. ....	84
Fotografía 20: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 06. Progresiva km 2+200. ....	85
Fotografía 21: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 06. Progresiva km 2+260. ....	85
Fotografía 22: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 07. Progresiva km 2+460. ....	86
Fotografía 23: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 07. Progresiva km 2+550. ....	86
Fotografía 24: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 08. Progresiva km 2+820. ....	87
Fotografía 25: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 08. Progresiva km 3+150. ....	87
Fotografía 26: Personas con quienes se realizó el trabajo en campo, medición del IRI.....	90
Fotografía 27: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+060.....	91
Fotografía 28: Falla: Deformación por deficiencia estructural, gravedad 3 – km 0+100.....	91
Fotografía 29: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 0+110.....	91
Fotografía 30: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 0+380. ....	91

Fotografía 31: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+440.....	92
Fotografía 32: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+540.....	92
Fotografía 33: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 0+700.....	92
Fotografía 34: Falla: Ahuellamiento, gravedad 3 – km 0+770.....	92
Fotografía 35: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 0+820.....	93
Fotografía 36: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+880.....	93
Fotografía 37: Peladura y desprendimiento, gravedad 3 – km 0+920.....	93
Fotografía 38: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 1+080.....	93
Fotografía 39: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 1+260.....	94
Fotografía 40: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 1+370.....	94
Fotografía 41: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 1+385.....	94
Fotografía 42: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 1+520.....	94
Fotografía 43: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 1+680.....	95
Fotografía 44: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 1+750.....	95
Fotografía 45: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 1+800.....	95
Fotografía 46: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 1+920.....	95
Fotografía 47: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+010.....	96
Fotografía 48: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+100.....	96
Fotografía 49: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 2+220.....	96
Fotografía 50: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+280.....	96
Fotografía 51: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 2+500.....	97
Fotografía 52: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+580.....	97
Fotografía 53: Falla: Ahuellamiento, gravedad 3 – km 2+580.....	97
Fotografía 54: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 2 – km 2+760.....	97
Fotografía 55: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 2+840.....	98
Fotografía 56: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 2+880.....	98
Fotografía 57: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+920.....	98
Fotografía 58: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 3+080.....	98

## Resumen

Ante la necesidad de conservar los pavimentos en buen estado, la presente investigación pone de manifiesto la condición de transitabilidad actual del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, determinado con el uso del rugosímetro de merlín, con la finalidad de proponer actividades de mantenimiento o conservación vial, garantizando un mejor nivel de calidad, seguridad y comodidad en los usuarios.

Para la determinación de la condición de transitabilidad, se debe seleccionarse un tramo de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía y cuyas mediciones se efectúan siguiendo la huella del vehículo, el dicho trabajo existen 08 tramos sectorizados en estudio.

En cuanto a la metodología utilizada, se trató de una investigación tipo descriptivo, con orientación aplicada, enfoque cualitativo, nivel descriptivo; con un diseño no experimental transversal – prospectivo, con los siguientes resultados: Los tramos 01, 05 y 06 que representan el 37.50% de la longitud de la carretera tiene una condición de transitabilidad mala y los tramos 02, 03, 04, 07 y 08 que representa el 62.50% de longitud de la carretera tiene un condición de transitabilidad muy mala.

La condición de transitabilidad del pavimento flexible, resultó muy mala, con un IRI promedio de 9.62 m/km y un IRI característico de 11.31 m/km, y un índice de serviciabilidad presente PSI de 0.87 para todo el tramo en estudio, requiriendo la ejecución de actividades como son los parchados, parchados profundos y el mantenimiento del tipo periódica, consistente en el fresado de carpeta asfáltica en frío.

Palabras Claves: Condición de transitabilidad, índice de rugosidad internacional, rugosímetro de merlín, índice de serviciabilidad presente y mantenimiento periódico.

## Abstract

In view of the need to keep the pavement in good condition, this research shows the current condition of the flexible pavement of the flexible pavement of the AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0 + 000 to km 5 + 000, determined with the use of Merlin rugosimeter, in order to propose maintenance or road maintenance activities, guaranteeing a better level of quality, safety and comfort in users.

For the determination of the condition of passability, a section of approximately 400 m in length must be selected, on a certain lane of a track and whose measurements are made following the footprint of the vehicle, the said work there are 08 sectorized sections under study.

Regarding the methodology used, it was a descriptive research, with applied guidance, quantitative approach, descriptive level; with a non-experimental transverse - prospective design, with the following results: Sections 01, 05 and 06 that represent 37.50% of the length of the road have a poor passability condition and sections 02, 03, 04, 07 and 08 which represents 62.50% of the length of the road has a very poor traffic condition.

The condition of pavement of the flexible pavement was very bad, with an average IRI of 9.62 m / km and a characteristic IRI of 11.31 m / km, and a PSI present serviceability index of 0.87 for the entire section under study, requiring execution of activities such as patching, deep patching and maintenance of the periodic type, consisting of milling cold asphalt binder.

Keywords: Condition of passability, international roughness index, merlin roughness meter, index of present serviceability and periodic maintenance.

## Introducción.

A diario en nuestra realidad regional y local, podemos observar múltiples problemas relacionados al mal estado de la transitabilidad de nuestras vías producto de la falta del mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación oportuna de la infraestructura vial. Esta situación lleva a un ciclo vicioso en nuestras carreteras, donde los deterioros que no se corrigen en su debido momento por algún tipo de mantenimiento o conservación vial, generan accidentes, malestar e incomodidad en los usuarios.

Las razones que motivaron a la elección del tema se deben por que dicha carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc, es la vía principal y única por donde se circulan los vehículos y usuarios para ir a las localidades y centros poblados como Carhuayoc, Carash, Pacash, Juprog, Pujun, la mina de los Quenuales (Glencore) y la Cia Minera Antamina.

La presente investigación fue realizada con el propósito de determinar la condición de transitabilidad del pavimento flexible de la Carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc Km 0+000 al Km 5+000, provincia Huari - Ancash -2019, con el uso del rugosímetro de merlín, para determinar el tipo de mantenimiento y las actividades de conservación vial, para el cual se halló la condición de transitabilidad de los 08 tramos sectorizados en estudio y por ende el tipo de mantenimiento de la carretera inspeccionada.

Para desarrollar la investigación se basó en cuatro capítulos, los cuales forman parte integral del cuerpo de la tesis, distribuidos de la siguiente manera:

En el capítulo I, “Planteamiento de la investigación” se tiene 6 partes que son: la situación problemática, formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación, hipótesis de la investigación y variables.

En el capítulo II, “Marco Teórico” se tiene 3 partes, la primera inicia con una descripción de los antecedentes de la investigación tanto nacionales e internacionales. La segunda parte establece las bases teóricas, exponiendo conceptos acerca de la evaluación funcional, índice de serviciabilidad presente, índice de rugosidad internacional, metodología para la determinación de la rugosidad y mantenimiento o conservación vial. Finalmente la tercera parte es la definición de términos.

En el capítulo III, “Metodología de la Investigación” se presenta la perspectiva metodológica según su tipo, nivel, orientación, enfoque y diseño de la investigación, los límites de la investigación, el contexto y unidad de análisis (población y muestra), los métodos y recursos empleados para finalizar con el procedimiento de recolección y análisis de datos.

En el capítulo IV, “Resultados y Discusión”, se exponen los resultados obtenidos según cada objetivo, dando una interpretación y significado a la condición de transitabilidad de la carretera en estudio, el cual permitirá realizar la contrastación de la hipótesis planteada en la investigación, para finalmente exponer las conclusiones y recomendaciones extraídas a lo largo del trabajo realizado en la presente tesis.

Finalmente se incluye anexos que soportan, complementan y dan fiabilidad a la información obtenida en la hoja de campo y el cálculo del índice de rugosidad internacional (m/km).



## **Capítulo I**

### **Planteamiento de la Investigación**

#### **1.1. Situación problemática.**

Diariamente en nuestra realidad regional y local, podemos observar múltiples problemas relacionados con el mal estado de las vías; los altos costos de operación vehicular, el bajo desarrollo socio-económico, la desviación del tráfico, etc. son resultado de un problema central, que es el pésimo estado de las carreteras producto de malas políticas de construcción por parte de los organismos locales, departamentales y nacionales, que sumado a los deficientes sistemas de mantenimiento y rehabilitación, encaminan a nuestro país a un retroceso en el desarrollo social y económico, pues las vías son los instrumentos físicos por donde se desarrolla la mayoría de las actividades sociales y económicas. (Rodríguez, 2011, p.03)

La carretera en estudio se encuentra ubicada al norte del país, en la región Ancash de 5 km de longitud, caracterizada por un clima que varía de frío a templado y durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 3 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de 0 °C o sube a más de 21 °C, los veranos son cortos, frescos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados

La carretera AN 111 San Marcos – Carhuayoc, es la vía principal y única por donde se circulan los vehículos y usuarios para ir a las localidades y centros poblados como Carhuayoc, Carash, Pacash, Juprog, Pujun, la mina de los Quenuales (Glencore) y la Cia Minera Antamina.

Fue ejecutado por los años 2009 y es de pavimento asfáltico en frío, y desde ese entonces dicho tramo de la carretera San Marcos – Antamina, no ha tenido procesos de mantenimiento rutinario o periódico.

El pavimento flexible de la carretera San Marcos – Carhuayoc, presenta un estado de deterioro en la superficie de rodadura, generando malestar en los conductores y habitantes que circulan por dicha vía.

La plataforma de la carretera se encuentra en estado de deteriorado debido al aumento del tráfico ocasionado por el boom de las mineras presentes en el distrito de San Marcos, los factores climáticos, el drenaje y las condiciones geológicas, lo que lleva como consecuencia los peligros y accidentes a los usuarios, por ello el análisis de este proyecto se centra en la determinación de la condición de transitabilidad, con el uso del rugosímetro de merlín, para el mantenimiento o conservación vial de dicha carretera.

Para mejorar la transitabilidad y serviciabilidad de la vía se debe de conocer el perfil de la superficie de rodadura, en la presente tesis se evaluará la superficie de rodadura con el equipo del

rugosímetro de merlín hallando el índice de rugosidad internacional (IRI) y el índice de serviciabilidad presente (PSI) que tiene la carretera San Marcos – Carhuayoc.

Desde este punto de vista, la conservación del patrimonio vial del estado requiere de un sistema de procesamientos técnicos especializados, ajustada por un permanente monitoreo de la condición vial, tal como establecen nuestras normas viales. (MTC, 2018, p.12)

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cuál es la condición de transitabilidad del pavimento flexible, para el mantenimiento o conservación vial de la Carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc Km 0+000 al Km 5+000, con el uso del rugosímetro de Merlín, provincia Huari - Ancash -2019?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

- a) ¿Cuál es la condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km) , con el uso del rugosímetro de Merlín, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN -111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000?
- b) ¿Cuáles son las fallas presentes en el pavimento flexible, para proponer alternativas de solución, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000?
- c) ¿Cuál es la solución para el mantenimiento o conservación vial, del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la condición de transitabilidad del pavimento flexible, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc Km 0+000 al Km 5+000, con el uso del rugosímetro de merlín, provincia Huari - Ancash -2019.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Hallar la condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km) , con el uso del rugosímetro de merlín, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN -111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.
- b) Encontrar las fallas presentes en el pavimento flexible, para proponer alternativas de solución, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.
- c) Establecer soluciones para el mantenimiento o conservación vial, del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.

### **1.4. Justificación**

Dadas las necesidades de mantenimiento o conservación vial en la mayoría de las redes viales, de la preocupación por prestar un buen servicio al usuario garantizando la comodidad y seguridad, se hace necesario elaborar un estudio serio, que permita organizar y estandarizar las labores que involucran la conservación de carreteras, teniendo en cuenta los diferentes tipos de mantenimiento de acuerdo con la naturaleza de cada una de las actividades.

Es por ello que la importancia de la presente investigación radicara en establecer un determinado tipo de mantenimiento de acuerdo al método que proponen nuestros manuales de carreteras, calificando la condición de transitabilidad de la vía de manera eficaz y objetiva, mediante un conjunto de conocimientos técnicos especializados con el fin de brindar los criterios apropiados que se deben aplicar a la gestión del mantenimiento en las carreteras pavimentadas, incentivando a las entidades estatales tanto nacionales, provinciales y locales, a el cumplimiento de nuestras normas viales, brindando nuevos aportes y criterios a las políticas de construcción y mantenimiento, preservando las distintas redes viales de nuestra región para contribuir de esta manera a optimizar los recursos invertidos, mejorando los niveles de servicio, reduciendo tiempos y costos de transporte, aumentando la producción y traslado de insumos agrícolas para los mercados regionales, disminuyendo el riesgo de accidentes y produciendo la reactivación social y económica de los usuarios en nuestra región, de tal manera que sea posible la transitabilidad de nuestras vías ante cualquier emergencia que tengan los usuarios de ésta.

En la carretera San Marcos - Carhuayoc se realizará la determinación de la condición de transitabilidad, con el uso de rugosímetro de merlín, para el mantenimiento o conservación vial de la superficie de rodadura del pavimento flexible.

Por dicha Carretera, circulan vehículos livianos y pesados que van a la Compañía Minera Antamina, Quenuales (Glencore) y a los centros poblados como son: Carash, Pacash, Carhuayoc, Pujun, Juprog. Debido a la cantidad de vehículos que transitan por dicha vía se realiza esta investigación con el fin de mejorar la transitabilidad de la carretera.

Además, ante la realidad problemática de las carreteras departamentales pavimentadas en Ancash, esta investigación contribuye a dar una propuesta de solución para el mantenimiento o conservación de la carretera San Marcos – Carhuayoc del km 0+000 al km 5+000,

proporcionando a la municipalidad distrital de San Marcos, una herramienta técnica de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio para establecer la mejor gestión en el mantenimiento y conservación de nuestras vías.

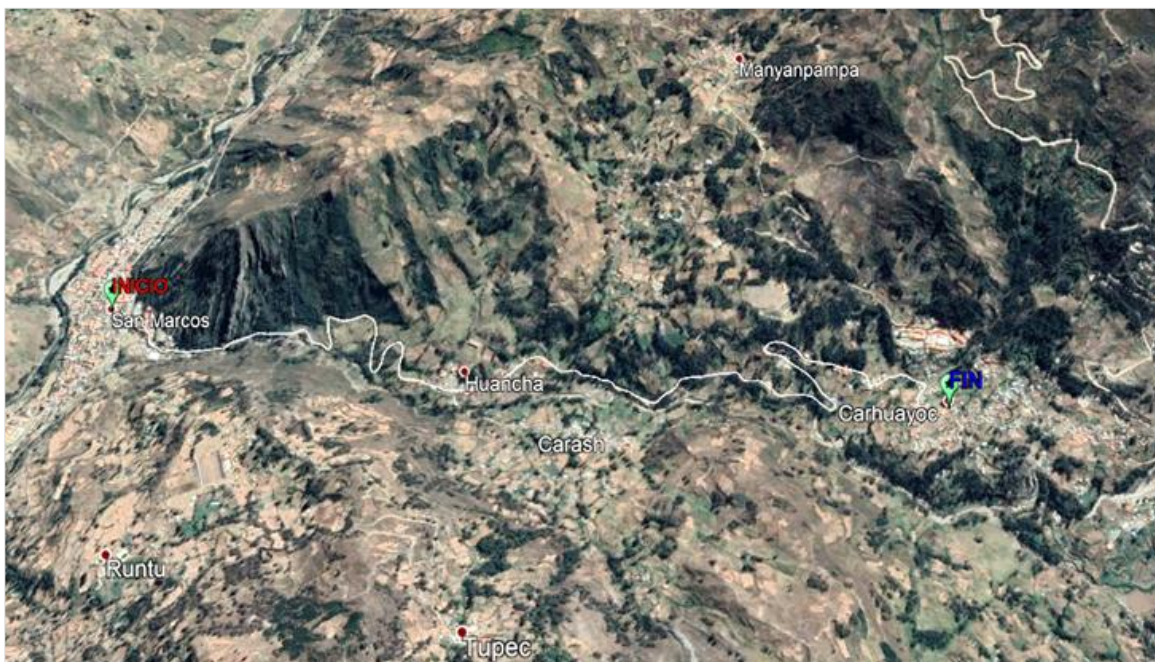


Figura 1: Carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.  
Fuente: Google earth (elaboración propia)

## **1.5. Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis general**

La condición de transitabilidad del pavimento flexible, determinado con el uso del rugosímetro de merlín es mala para la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- a) La condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km) , con el uso del rugosímetro de merlín es mala de la carretera AN - 111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.
- b) Las fallas encontradas en el pavimento flexible son del tipo superficial y estructural que permitirán proponer las alternativas de solución, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.
- c) Las soluciones para el mantenimiento o conservación vial, del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, son actividades de mantenimiento periódico.

## **1.6. Variables**

### **Variables Independientes.**

Condición de transitabilidad del pavimento flexible.

### **Variables Dependientes.**

Mantenimiento o conservación vial de la carretera

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Antecedentes de investigación**

Leguía y Pacheco (2016). indico en la tesis denominada “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)”, en esta investigación se realiza la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías mencionadas aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente. Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método Pavement Condition Index, se conoce que el estado de conservación de la Av. Cincuentenario es “Regular” con un PCI de 51.84, mientras que la Av. Colón y Miguel Grau presenta un estado de conservación “Bueno” con un PCI de 59.29.



Almanza (2014). indico en la tesis denominada “Evaluación del modelo “Quarter Car” para la estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del tramo Huancavelica - Santa Inés”, en esta investigación se realiza la medición del IRI con los equipos seleccionados para la presente investigación, se corrobora el planteamiento hipotético “existe una diferencia en los resultados”, obteniéndose resultados de rugosidad mayores al medir con el equipo roughometer III en comparación con el rugosimetro merlín, también el tratamiento superficial otta seal, es un método económico para proteger la estructura del pavimento, pero no cumple ninguna función estructural de distribución de esfuerzos, en ese sentido la rugosidad de la vía dependerá de la calidad de las capas inferiores y del sistema de drenaje del pavimento. El rugosimetro merlín es un equipo de la Clase 1 derivado del perfilometro estático es por esta razón que los resultados obtenidos son muy exactos, solo superados por el método de mira y nivel.

Montoya (2013). Presentó una tesis denominada “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”, la tesis resume el análisis del IRI en un proyecto, a partir del cual se propone un mecanismo para la determinación de tolerancias en el control de la rugosidad media deslizante establecido en el contrato de las concesiones viales, aprovechando la información disponible reportada de campo durante la ejecución de una rehabilitación de carretera. Para tal objetivo, se planteó como estrategia, relacionar el IRI de diseño de la vía con los datos geométricos de la misma vía en una determinada longitud del tramo vial, y así poder exportarlos a toda la red vial nacional asfaltada mediante la utilización de los datos de geometría y pendiente levantados en el inventario vial del año 2004. Dicha relación generaría una tolerancia que podría ser incluida al control de recepción o nivel de servicio de rugosidad media deslizante establecida en los contratos de concesión. Asimismo, se desarrolla la metodología

detallada utilizada para la obtención de los valores IRI de diseños a partir de la información de campo disponible, reportada durante la ejecución de una rehabilitación de carretera, así como la obtención de los datos a utilizar para representar la geometría de la vía, y finalmente, describen el procedimiento del mecanismo para la determinación de tolerancias en el control de la rugosidad media deslizante.

Hirpahuanca (2016). Manifiesta en la tesis denominada “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco - Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín - 2016”, en la tesis se ha investigado el porcentaje de similitud que existe, entre los resultados de la medición de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos; usando la aplicación roadroid con respecto al rugosímetro merlín, la diferencia de los resultados obtenidos, las ventajas de usar la aplicación roadroid con respecto al rugosímetro merlín, la serviciabilidad del pavimento, y la comparación de la regularidad superficial de ambos carriles. Llegando a la conclusión de que los resultados obtenidos con la aplicación roadroid tiene una similitud del 89% con respecto al Rugosímetro de merlín. Por lo tanto, la aplicación roadroid es una herramienta que puede ser usada para determinar la regularidad superficial de pavimentos debido a que proporciona datos de la regularidad superficial en forma eficiente, es decir que se pueden estudiar tramos más grandes en poco tiempo y con menos recursos y lo mejor que no necesita tiempo para el procesamiento de datos a comparación del rugosímetro de merlín que es un equipo de bajo rendimiento tanto para la toma de datos como para su procesamiento.

Granados (2018). Indica en la tesis denominada “Inventario de condición del pavimento flexible, carretera Casma - Huaraz del km. 132+000 al km. 137+000 para el mantenimiento o conservación vial usando el manual del MTC - Año 2016”, el proyecto pone de manifiesto la condición actual del estado del pavimento con el objetivo de realizar un inventario de condición indicando las fallas en el pavimento flexible con fines de determinar el nivel de gravedad y proponer las actividades de conservación vial en la carretera Casma – Huaraz, tramo km. 132+000 al km. 137+000 usando el manual de carreteras del MTC 2014. De la evaluación se obtiene que las peladuras y desprendimiento en la calzada son severos, mientras que los ahuellamientos y baches alcanzan un estado moderado y las demás fallas en la calzada son leves; en cuanto al nivel de gravedad se tiene que las fallas de grado “1” son las que predominan a lo largo de los 25 tramos evaluados, que corresponde a un 96.48% de las fallas existentes en la vía y una extensión de 106.34% (35623.101 m<sup>2</sup>) del área de la calzada; las fallas de grado “3” y “2” son las que aparecen en menor cantidad con 1.91% y 1.61% de fallas respectivamente con una extensión en la vía de 2.11% (706.020 m<sup>2</sup>) y 1.77% (592.459 m<sup>2</sup>), ante estos resultados y según los rangos de condición se indica el estado de condición del pavimento como BUENA y que se requiere la ejecución de un tipo de conservación RUTINARIO para toda la vía evaluada.

Romero (2016). Presentó una tesis denominada “Calificación de la condición superficial para el mantenimiento de la carretera departamental Huarmey – Aija – Recuay (Km 130+000 – Km 140+000), aplicando el manual de mantenimiento o conservación vial del MTC, Año 2016”, el trabajo tiene el objetivo principal de calificar la condición superficial que presenta la calzada de la carretera departamental ruta N° AN - 109, HUARMEY - AIJA - RECUAY, para determinar el tipo de mantenimiento y las actividades de conservación vial que ésta requiere aplicando la

metodología propuesta en el manual de mantenimiento o conservación vial del MTC. Para ello, entre setiembre y octubre de 2016, se llevó a cabo una inspección visual detallada de daños desde el Km 130+000 hasta el Km 140+000, tomando como unidades de muestra secciones de 500 m de longitud y 6 m de ancho cada una, donde los parámetros básicos registrados fueron las fallas y sus niveles de gravedad. En cuanto a la metodología utilizada, se trató de una investigación de nivel descriptivo, con enfoque cualitativo y cuantitativo, del tipo aplicada y de diseño no experimental – transversal, con los siguientes resultados: en cuanto a las fallas se tuvo que la calzada estaba dañada mayoritariamente por erosiones (8.48%) y deformaciones (7.64%) con extensiones de 5087.28 m<sup>2</sup> y 4585.29 m<sup>2</sup> respectivamente, en cuanto a los niveles de gravedad el más predominante fue de grado “2” (72.28%) con profundidades desde 5 cm hasta 10 cm. En cuanto a la clase de extensión, se tuvo fallas severas para el caso de baches (de 21 a 57 baches por tramo) y de moderadas a leves en el caso de erosiones, deformaciones, encalaminados y lodazales, que en conjunto determinaron una calificación ponderada de 385.12, que en concordancia con los rangos de condición se concluyó que el estado de la calzada era Regular requiriendo la ejecución de actividades de mantenimiento del tipo periódica.

Carbajal (2010). Manifiesta en la tesis denominada “Índice de rugosidad con equipo merlín monitoreo de conservación carretera Cañete -Huancayo km 118+000 al km 120+000”, en esta investigación se desarrolló la evaluación funcional de la carretera Cañete - Yauyos - Chupaca, mediante el ensayo de rugosidad, para lo cual se tomó como muestra representativa el sub tramo correspondiente a los km 118+000 - km 120+000, que presenta la colocación de un tratamiento superficial tipo monocapa. Para realizar el ensayo de rugosidad se usó el equipo merlin por su fácil manejo y precisión en sus resultados, además de ser un ensayo no destructivo aplicado

directamente sobre la superficie de rodadura de la carretera. Debido a que en el Perú no se cuenta con un parámetro de calidad referente al nivel de rugosidad en carreteras con tratamientos superficiales, se está optando por la normativa chilena, expresada en su manual de carreteras, Volumen 5, Sección 5.407, donde se considera utilizar un valor de rugosidad máximo de 4 IRI para tratamientos superficiales.

Sachún (2016). Indica en la tesis denominada “Estudio del índice de rugosidad internacional de la panamericana norte - zona Trujillo, para su mantenimiento”, el objetivo de esta tesis es realizar el estudio del Índice de rugosidad internacional de la Panamericana Norte – Zona Trujillo, para su mantenimiento adecuado incidiendo en el aspecto socio-económico de gestión, para ello tomamos como inicio el Ovalo Salaverry (Progresiva 556+900) hasta el Ovalo el Milagro (Progresiva 586+500) con una longitud total de 29.60 kilómetros de pavimento explorados, en una de las carreteras más importantes del Perú y Trujillo; para la obtención de la rugosidad del pavimento utilizamos una metodología basada en la distribución de las desviaciones de nuestro pavimento real con respecto a una superficie plana perfecta imaginaria, utilizando el rugosímetro merlín para dicho fin y con el cual se realizó la recolección de datos de campo, cumpliendo así las normas dadas por el ministerio de transportes y comunicaciones; los resultados obtenidos fueron comparados con datos históricos realizados en el año 1995 y 2013, con los cuales se pudo constatar la variación del índice de rugosidad internacional a través del tiempo, y concluyendo de acuerdo al presente estudio, que el pavimento de la panamericana Norte, Zona Trujillo se encuentra en muy buenas condiciones de transitabilidad, necesitando refuerzos asfálticos en zonas localizadas en el tramo Salaverry - Moche

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Evaluación funcional de pavimentos.**

Corros, Urbáez y Corredor (2009) afirma que las características superficiales o funcionales de los pavimentos afectan directamente a los usuarios de la vía, ya que durante el rodaje condicionan su:

- ✓ Seguridad.
- ✓ Comodidad.
- ✓ Economía.

Adicionalmente, el rodaje genera un impacto ambiental por el ruido del contacto neumático-pavimento, el cual afecta a usuarios y vecinos. Por ende, las principales características superficiales de un pavimento están dirigidas a controlar los siguientes aspectos:

- ✓ Resistencia al deslizamiento (seguridad).
- ✓ Regularidad superficial (comodidad).
- ✓ Costo usuario (economía).
- ✓ Impacto ambiental.

### **2.2.2. Índice de serviciabilidad presente (PSI)**

Sachún (2016) indica que la serviciabilidad es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos debe de ser medida para calificar la calidad del pavimento.

La medición de la calidad de un pavimento presenta una dificultad conceptual porque depende de la evaluación que se realice, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición funcional de su superficie. Aunque este se tenga resuelto, si no se utilizan

herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no serán comparables con las mediciones hechas por otra persona, ni entre un pavimento y otro. Para resolver esta dificultad los investigadores Carey e Irick en 1959 desarrollaron para la prueba AASHO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales, por sus siglas en inglés y debido a que en aquel entonces no estaba integrado el departamento del transporte de EE.UU. a esta organización), que consiste en un procedimiento cuyas suposiciones básicas son las siguientes:

- ✓ El pavimento debe proporcionar confort y seguridad al usuario.
- ✓ El confort y calidad de rodado es un aspecto subjetivo o de opinión del usuario.
- ✓ La serviciabilidad puede determinarse a partir del promedio de las evaluaciones de todos los usuarios. Este promedio da origen al índice Rango de Serviciabilidad Presente (PSR), el cual por naturaleza tiene carácter subjetivo.
- ✓ Hay algunas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente, entre estas están: Regularidad, agrietamiento, baches, ahuellamiento y que pueden relacionarse con las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento permite obtener un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).
- ✓ El comportamiento del pavimento puede ser representado por la historia de la serviciabilidad de dicho pavimento.

El procedimiento de medición de la serviciabilidad que se utiliza actualmente en gran parte del mundo fue derivado precisamente de los resultados de la prueba AASHO 93 (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales), más otras incorporaciones y modificaciones que se han ido agregando en los últimos 30 años. Se definió una escala de 0 a 5. En ella una

evaluación de 5 (cinco) significa una superficie perfecta, mientras que una nota 0 (cero) significa intransitable (p.41).

Tabla 1:  
*Escala de Índice de Serviciabilidad*

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD	CALIDAD
5	Muy Buena
4	
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Fuente: Guía AASHTO 93

Del Águila (1999) indica que para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado índice de serviciabilidad presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del ensayo vial AASHO, en 1957.

Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor (p.1).

### **2.2.3. Relación entre la rugosidad (IRI) y la serviciabilidad (PSI)**

Del Águila (1999) dice, que en el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la rugosidad con el índice de serviciabilidad.

La expresión (1), es una correlación desarrollada con la base de datos establecida en el ensayo internacional sobre rugosidad de caminos, realizado en Brasil en 1982.



$$R = 5.5 \times \ln\left(\frac{5.0}{PSI}\right) \pm 25\%, \text{ para } R < 12 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- ✓ R: Rugosidad, IRI (International Roughness Index)
- ✓ PSI: Índice de Serviciabilidad Presente.

La condición de transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos: (p.2)

Tabla 2:  
*Estado de la condición de transitabilidad en función del PSI.*

PSI	CONDICION DE TRANSITABILIDAD
0 - 1	MUY MALA
1 - 2	MALA
2 - 3	REGULAR
3 - 4	BUENA
4 - 5	MUY BUENA

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

Despejando la expresión (1), obtendremos la ecuación del PSI, en función al IRI.

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{R}{5.5}\right)}$$

Gutiérrez (2007) refiere que de acuerdo a la AASHTO 93, la serviciabilidad es la capacidad de un pavimento que asegura una circulación suave, confortable y segura para el tráfico para el cual ha sido diseñado, por ello su apreciación depende del usuario, de las características propias del vehículo, de la velocidad de operación y de la condición del pavimento.

El estado superficial o transitabilidad según los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), a nivel de superficie de rodadura asfaltado clasifica el estado de la superficie de acuerdo a la tabla 5. (p.32)

Tabla 3:  
*Estado superficial en función del IRI*

IRI (m/km)	ESTADO
<3	BUENO
3-4	REGULAR
4-6	MALO
6-10	PÉSIMO

Fuente: Gutiérrez, 2007.

## **2.2.4. Índice de rugosidad internacional (IRI), con el rugosímetro de Merlín.**

### **2.2.4.1. Antecedentes.**

Del Águila (1999) señala que el merlín, denominación abreviada proveniente del inglés Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation, es un equipo utilizado para la medición de la rugosidad de los pavimentos, desarrollado durante la década de los 80 y dado a conocer en 1990 por la unidad de ultramar del laboratorio británico de investigación de transportes y caminos (TRRL). El merlín es un equipo de tecnología intermedia que fue diseñado para ser difundido en los países en vías de desarrollo, por las ventajas de su bajo costo de fabricación y por la gran exactitud de los resultados que proporciona.

La introducción del merlín en el Perú se produjo en el año 1993, por iniciativa del autor, en el marco del primer programa de rehabilitación de carreteras financiado por el banco interamericano de desarrollo (BID).

El primer estudio de rugosidad con un merlín se efectuó durante el mes de septiembre de 1993, como parte de los estudios para la rehabilitación de la carretera Huayre-Huánuco, parte de una vía de integración regional de gran importancia en el Perú. En esa oportunidad la evaluación se efectuó sobre un pavimento asfáltico en avanzado estado de deterioro, y sobre tramos con tratamiento superficial bi- capa.

Entre septiembre de 1993 y febrero de 1995, las mediciones de rugosidad se efectuaron como parte integrante de estudios desarrollados para proyectos de rehabilitación de pavimentos, la mayoría con avanzado grado de deterioro.

La primera aplicación del merlín para el control de la rugosidad de un pavimento asfáltico nuevo, se produjo en el mes de febrero de 1995, en el tramo de la carretera panamericana norte correspondiente a la vía de evitamiento de la ciudad de Trujillo, en el norte del Perú.

#### **2.2.4.2. Definiciones.**

Caro y Peña (2012), señala el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), se define como la acumulación del movimiento vertical que sufre la suspensión de una rueda (un cuarto de carro) cuando este recorre la superficie a una velocidad de referencia de 80 km/h. En este sentido, es un índice de comodidad de rodadura, y constituye el parámetro de la vía que percibe el usuario (p.60).

Según Arriaga, Garnica y Rico (1998), para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indicaran las condiciones actuales y futuras del estado superficial de un camino, surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Se trató de unificar los criterios de evaluación con los equipos de medición de rugosidad a nivel mundial, tales como los perfilómetros o los equipos de tipo

respuesta, y que de alguna manera sustituyera el método de la AASHO, ahora AASHTO, que permite calificar la condición superficial de un camino solo en forma subjetiva (p.9).

### 2.2.4.3. Escalas y características del IRI.

Arriaga, Garnica y Rico (1998) nos dice que la escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- ✓ Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi
- ✓ El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.

En la figura 2, se presentan las características de los pavimentos dependiendo del valor del IRI, según las experiencias recogidas por el Banco Mundial en diversos países.

- ✓ Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente. (p.11)

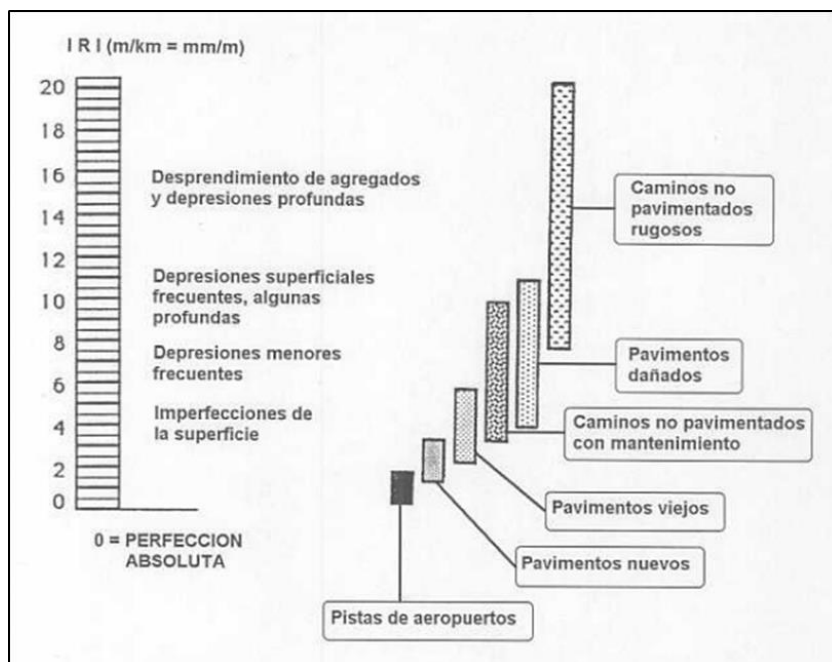


Figura 2: Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.  
Fuente: Banco Mundial, (1982).

Según Arriaga, Garnica y Rico (1998), el comportamiento típico de la condición superficial respecto al tiempo se puede representar en la figura 3, 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. Esta disminución no es lineal 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 (p.14)

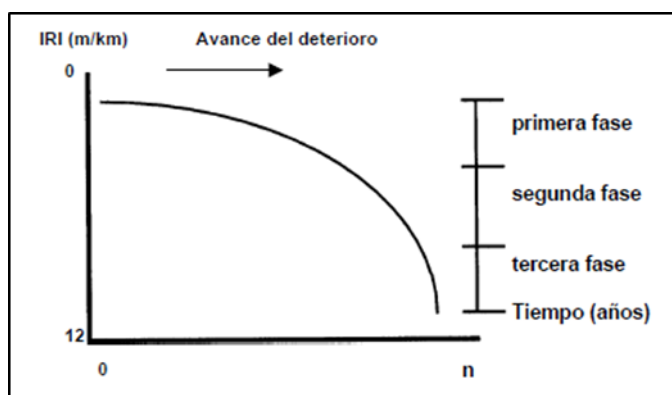


Figura 3: Grafica típica del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.  
Fuente: Banco Mundial, (1982).

#### **2.2.4.4. Especificaciones técnicas actuales para rugosidad.**

Del Águila (1999) indica que después de transcurridos más de 2 años de elaboradas las primeras especificaciones técnicas, período durante el cual se había estudiado, controlado y supervisado la rugosidad de más de 2,000 km de carreteras, el ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, a través del proyecto especial de rehabilitación de la infraestructura

de transportes (PERT), dio a conocer las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad (Octubre 1995), las cuales se incluyeron como parte del control para la recepción de las obras.

De acuerdo al documento publicado, la rugosidad de los pavimentos se deberá controlar calculando un parámetro denominado IRI característico  $IRI_c$ , el cuál es igual al IRI promedio más el producto de un coeficiente estadístico igual a 1.645 por la desviación estándar ( $IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 \text{ Desv. Std.}$ ). Calculado el IRI característico ( $IRI_c$ ), el sector o tramo es aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- ✓ En tramos de pavimento de nueva construcción, el índice  $IRI_c$  debe ser menor o igual a 2.0.
- ✓ En tramos de refuerzo del pavimento (recapados), el índice ( $IRI_c$ ) debe ser menor o igual que 2.5.
- ✓ En tramos de sellado del pavimento, el índice ( $IRI_c$ ) debe ser menor o igual que 3.0.

## **2.2.5. Metodología para la determinación de la rugosidad.**

### **2.2.5.1. Fundamentos teóricos.**

Del Águila (1999) indica que la determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La figura 4, ilustra como el merlín mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”.

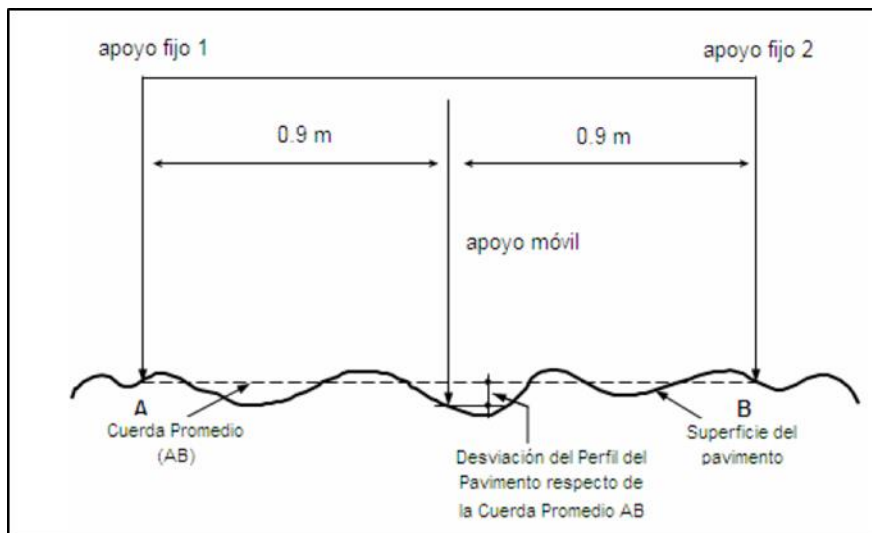


Figura 4: Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio.  
Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (ver figura 5). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades Merlín”.

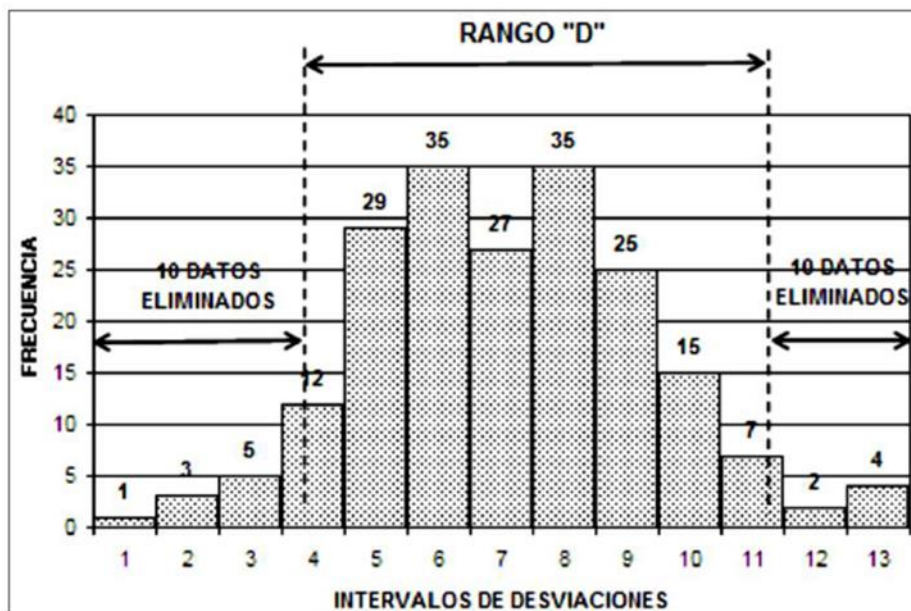


Figura 5: Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Índice (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto, los que son analizados en la referencia.

**2.2.5.2. Correlaciones D versus IRI**

Del Águila (1999) indica que para relacionar la rugosidad determinada con el merlín con el índice de rugosidad internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

a) Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D \dots\dots\dots (1)$

b) Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces  $IRI = 0.0485 D \dots\dots\dots(2)$



La expresión (1) es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del ensayo internacional sobre rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión (2) es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos (p.3-4).

## **2.2.6. Método de medición.**

### **2.2.6.1. El rugosímetro de Merlín.**

Según Del Águila (1999) el rugosímetro merlín, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por el Ing. Pablo del Águila en 1993, existiendo en la fecha (Junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras.

De acuerdo con la clasificación del banco mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (mira y nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener

resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

El método de medición que utiliza el merlín, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el merlín, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ( $R^2=0.98$ ). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

El merlín es un equipo de diseño simple. Las figuras 6 y 7; presentan un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla (p.4).



Figura 6: Rugosímetro de merlín empleado para los ensayos en esta tesis.  
Fuente: Imagen propia.

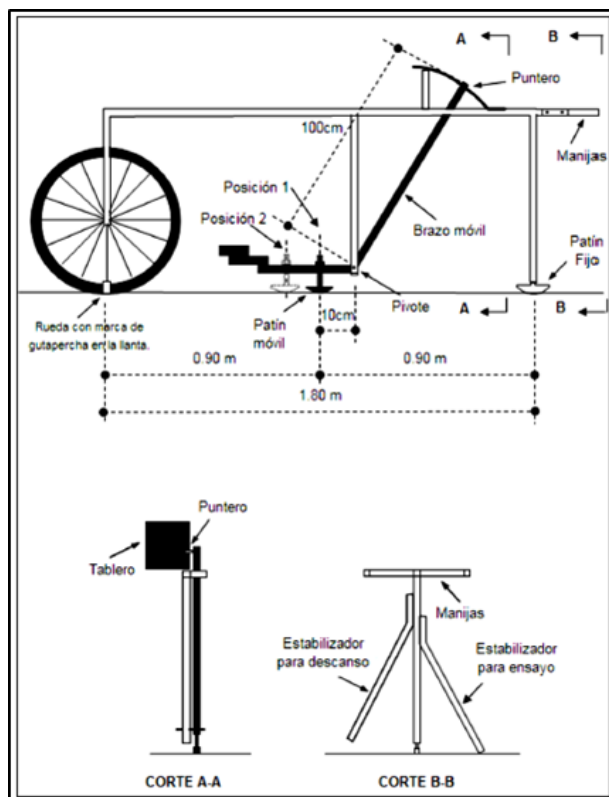


Figura 7: Esquema del Rugosímetro de merlín.  
Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento.

La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero. Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero. (ver figura 8).

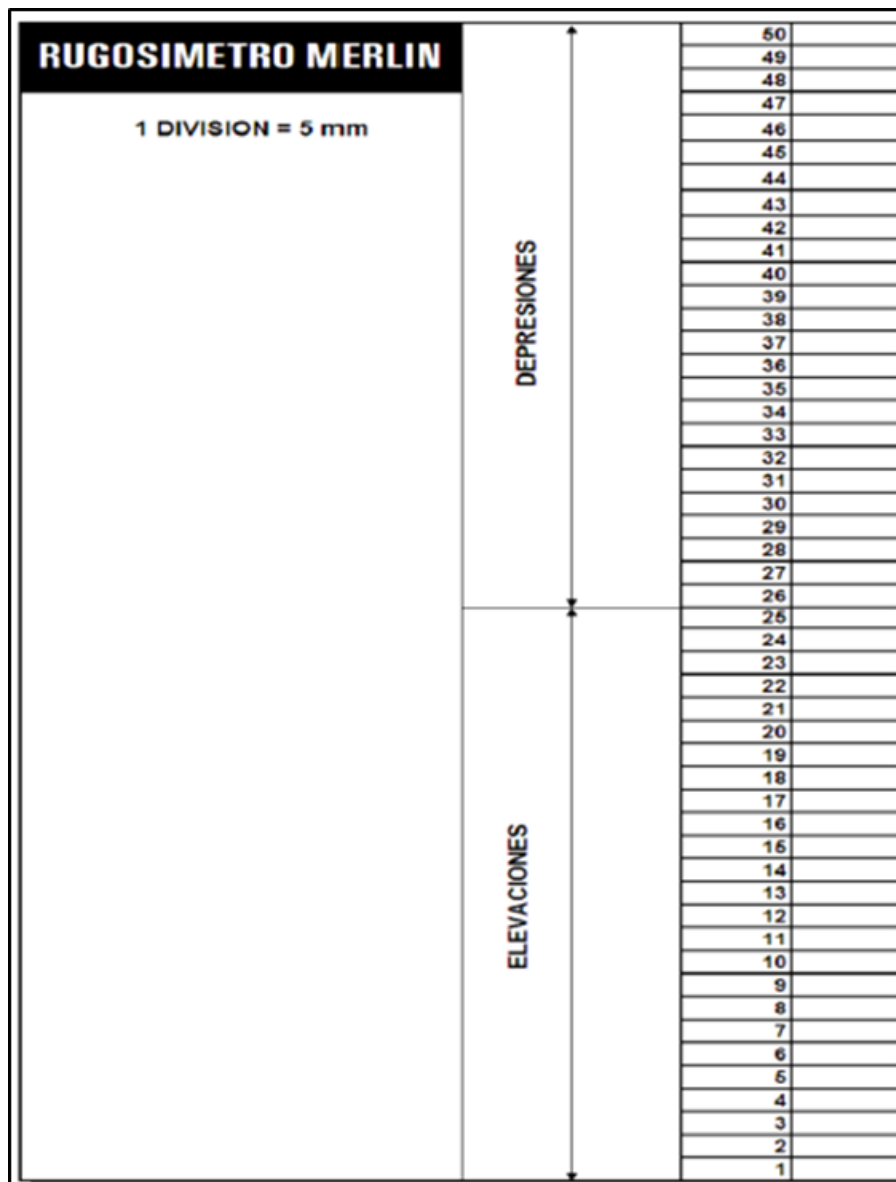


Figura 8: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la Superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

### 2.2.6.2. Ejecución de ensayos

Del Águila (1999) indica que para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de

longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento” (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del Merlín, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas.

Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del merlín, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (Figura 7, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, tal como el mostrado en la Tabla 4. El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar.

Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda).

En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso (p.7).

Tabla 4:  
*Formato para la recolección de datos de campo.*

ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)										
PROYECTO : _____					OPERADOR : _____					
SECTOR : _____					SUPERVISOR : _____					
TRAMO : _____					FECHA : _____					
CARRIL : _____										
ENSAYO N°		<input type="text"/>	KM		<input type="text"/>	+	HORA		<input type="text"/>	<input type="text"/>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
TIPO DE PAVIMENTO :										
										AFFIRMADO <input type="checkbox"/>
										BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
										BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
										TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
										CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
										CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
										RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
										SELLO <input type="checkbox"/>
										OTROS <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES :										
_____										
_____										
_____										

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

## **2.2.7. Método para el cálculo de la rugosidad.**

### **2.2.7.1. Cálculo del rango “D”.**

Según Del Águila (1999) como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división n° 25 debe ser tal que corresponda a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En la medida que las diversas posiciones que adopte el puntero coincidan con la división 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta (baja rugosidad). Por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división N°25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada).

La dispersión de los datos obtenidos con el merlín se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (figura 5).

Posteriormente se establece el rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior.

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos.



### ***2.2.7.2. Factor de corrección para el ajuste de “D”.***

Del Águila (1999) indica que las ecuaciones (1) y (2) representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10 (ver figura 7). Esta relación en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta el patín del brazo móvil del instrumento. En consecuencia, para corregir los resultados se verifica la relación de brazos actual del instrumento, y, se determina un factor de corrección que permita llevar los valores a condiciones estándar.

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera:

Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de mm. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas.

Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso. Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso.

Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10, lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la asumida. Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.) usando la siguiente expresión:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

Donde,

- ✓ EP : Espesor de la pastilla
- ✓ LI : Posición inicial del puntero.
- ✓ LF : Posición final del puntero.

#### **2.2.7.3. Variación de relación de brazos.**

Del Águila (1999) nos dice que para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (ver figura 7):

Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición standard que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.

Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados.

En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

#### **2.2.7.4. Cálculo del rango “D” corregido.**

Del Águila (1999) indica que el valor D calculado en la sección 2.2.7.1 , deberá modificarse considerando el Factor de Corrección definido en la sección 2.2.7.2 y la Relación de Brazos empleada en los ensayos (RB=1).

Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades merlín”.

#### **2.2.7.5. Determinación de la rugosidad en la escala del IRI.**

Según Del Águila (1999) para transformar la rugosidad de unidades merlín a la escala del IRI, se usa las expresiones (1) y (2).

## **2.2.8. Tipos de fallas y niveles de gravedad en pavimentos flexibles.**

### **2.2.8.1. Clasificación de los deterioros o fallas.**

Las fallas de los pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos grandes categorías: Las fallas estructurales y las fallas superficiales. Las fallas de la primera categoría se asocian generalmente con obras de rehabilitación de costo alto. Las fallas de la segunda categoría se relacionan generalmente con obras de mantenimiento periódico (por ejemplo, carpeta delgada de concreto asfáltico o tratamiento superficial). (MTC, 2018).

- **Tipos y causas de los daños estructurales.**

Los deterioros estructurales caracterizan un estado estructural del pavimento, concerniente al conjunto de las diferentes capas del mismo o bien solamente a la capa de superficie.

Las cargas circulantes resultan generalmente en:

- ✓ Deformaciones verticales elásticas del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante.
- ✓ Deformaciones horizontales elásticas de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas.

Si la deformación vertical de las gravas y/o suelos excede el límite admisible, se observan deformaciones permanentes del pavimento (hundimiento o ahuellamiento de gran radio). Si la deformación horizontal de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas excede el límite admisible, dichas capas se fisuran en su parte inferior y las fisuras luego se propagan hasta la superficie: fisuras longitudinales en las huellas del tránsito y fisuras en forma de piel de cocodrilo.

Las fallas (deformación y/o fisuración) no aparecen de inmediato (en general), sino al cabo de la repetición de cargas definida por la curva de fatiga de cada material. (MTC, 2018)

- **Tipos y causas de los daños superficiales.**

Los deterioros superficiales se originan en general por un defecto de construcción, por un defecto en la calidad de un producto o por una condición local particular que el tráfico acentúa. Además, pueden resultar de la evolución de fallas estructurales.

Se distinguen:

- ✓ Los desprendimientos.
- ✓ Los baches (huecos).
- ✓ Las fisuras transversales (que no resultan de la fatiga del pavimento). (MTC, 2018).

El Catálogo propone los tipos de deterioros o fallas siguientes en cuanto a calzada de pavimento flexible

Tabla 5:  
Deterioros o fallas de los pavimentos flexibles.

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/falla	Deterioro / Falla	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho $\leq$ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y $\leq$ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero $\leq$ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y $\leq$ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho $\leq$ 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y $\leq$ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.

Fuente: Manual de mantenimiento o conservación vial (MTC, 2018)

## **2.2.9. Mantenimiento o conservación vial.**

### **2.2.9.1. Conservación vial.**

Rodríguez (2011) define la conservación vial como el conjunto de actividades técnicas, de naturaleza periódica o rutinaria, que deben realizar los organismos responsables de la gestión vial para cuidar las vías y mantenerlas en estado óptimo de operación. Estas acciones tienen como propósito inmediato brindar fluidez al tránsito vehicular en todas las épocas del año, pero también, en un sentido más amplio, buscan proporcionar comodidad y seguridad a los usuarios y preservar las inversiones efectuadas en la construcción o rehabilitación de los caminos (p.9).

El ministerio de transportes y comunicaciones (MTC, 2018) indica que la conservación vial puede definirse como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de manera preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman la vía. Por esta causa, el monitoreo diario del camino en forma visual es la actividad de rutina básica de la conservación vial; dando el nombre de "conservación rutinaria" al conjunto de actividades de corrección inmediata de defectos. La segunda parte denominada "conservación periódica", está conformada por obras que acumulan aspectos que no pueden ser de reparación inmediata, pero que, si son visibles y en base a la experiencia y demanda del tráfico, son programables para ser realizadas por tramos viales, cuya prioridad se certifica en el campo en función de los registros de estado del camino (p.12-13).

### **2.2.9.2. Gestión de la conservación vial.**

El ministerio de transportes y comunicaciones (MTC, 2018) define la gestión de la conservación vial como la realización de un conjunto de actividades integradas tales como la definición de políticas, la planificación, la organización, el financiamiento, la ejecución, el

control y la operación, para lograr una conservación vial que asegure la economía, la fluidez, la seguridad y la comodidad de los usuarios viales (p.20).

En la gestión del mantenimiento vial, también se incluyen actividades de:

**a) Protección del medio ambiente**

Las ejecuciones de conservación vial son previsoramente normadas y especificadas en cada partida o actividad a realizarse en todas sus etapas como son: el inventario de condición, la ejecución de la actividad y la etapa de "abandono" al final del trabajo. Se debe explicar en este sentido, que los procedimientos de protección ambiental se repiten y/o perfeccionan permanentemente a través del tiempo; y se incorporan a las normas las especificaciones generales de cumplimiento obligatorio por parte de los organismos encargados de la conservación vial. (MTC, 2018, p.26)

**b) Seguridad vial**

Ha sido incorporado a la conservación vial sistemática, los procedimientos de prevención de accidentes como parte de los procedimientos rutinarios de conservación. La actividad incluye un inventario permanente calificado, para programar la actividad requerida de prevención y de corrección (MTC, 2018, p.26).

**c) Emergencias viales**

Las emergencias viales son ocurrencias de un evento natural o antrópico, que ocasiona daños a la infraestructura vial que afecta la transitabilidad y las condiciones de seguridad en la vía, deben ser atendidas en forma inmediata por el responsable de la gestión del mantenimiento de la vía, con la finalidad de restablecer la transitabilidad, cumpliendo para ello con los procedimientos establecidos por la entidad competente de la red vial respectiva. Luego de ello se deben efectuar los trabajos de reparación, reconstrucción y prevención

requeridos, con el objeto de recuperar los niveles de servicio de la vía. La emergencia vial no es programable y requiere de recursos adicionales. (MTC, 2018, p.27)

**d) Entidades competentes.**

El ministerio de transportes y comunicaciones (MTC, 2018, p.28) indica que son:

- ✓ La Red Vial Nacional, a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- ✓ La Red Vial Regional o Departamental, a cargo de los Gobiernos Regionales en su respectiva jurisdicción.
- ✓ La Red Vial Vecinal o Rural, a cargo de los Gobiernos Locales, provinciales y distritales.

**2.2.9.3. Tipos de Mantenimiento o conservación vial.**

**A) Mantenimiento rutinario**

La conservación rutinaria, es el conjunto de actividades que se ejecutan dentro del presupuesto anual, está constituida por todas las actividades necesarias para cuidar la seguridad del camino y para prevenir el desarrollo de deterioros en todos los componentes de la infraestructura vial como son: pistas, puente, túneles, señales, dispositivos de seguridad, obras de drenaje, contención de taludes, limpieza de la carretera, también del derecho de vía, etc. La conservación rutinaria trata en todos esos componentes, de evitar y llegado el caso, corregir cualquier deterioro que origine incomodidad o distorbe la circulación del tránsito originando riesgos de accidentes y mayores deterioros en la infraestructura vial. Por ejemplo, en el caso de carreteras pavimentadas, es importante eliminar baches, deterioros o pérdidas de guardavías y de señales, rajaduras en muros, en disipadores de la energía de los canales de drenaje, la limpieza de la colmatación de cursos de agua y alcantarillas, limpieza de calzada de polvo, de piedras o de derrumbes sobre la calzadas, etc. Este tipo de problemas deben ser



identificados en los reconocimientos rutinarios, posiblemente diarios, en los diferentes tramos y reportados sistemáticamente para su atención en lo posible inmediata (MTC, 2018, p. 24-25).

- **Actividades de mantenimiento o conservación rutinario**

**1. Sellado de fisuras y grietas en calzadas.**

**Descripción:**

El sello de fisuras (aberturas iguales o menores a 3 mm) y de grietas (aberturas mayores a 3mm) consiste en la colocación de materiales especiales sobre o dentro de las fisuras o en realizar el relleno con materiales especiales dentro de las grietas del pavimento de la vía.

El objetivo del sello de fisuras y de grietas es impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros dentro de ellas y, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches. (MTC, 2018).

**Materiales:**

Los materiales a utilizar para la ejecución de esta actividad dependerán de las características de las fisuras y/o grietas que se ha decidido sellar.

Ligantes: En las situaciones que se requieran riegos de liga se usarán emulsiones catiónicas de rotura lenta tipo CSS-1, diluidas en agua en proporción 1:1.

Los materiales sellantes a emplear pueden ser:

De aplicación en frío: Asfaltos líquidos: emulsiones y cutback, solos o modificados con polímeros.

De aplicación en caliente: Cemento asfáltico, cemento asfáltico con rellenos minerales, asfaltos con caucho y asfaltos modificados con polímeros o sellantes elastómeros.

El cemento asfáltico, los asfaltos líquidos y el material bituminoso termoplástico, poseen poca flexibilidad y son muy susceptibles a los cambios de temperatura. De aquí que su uso este limitado a sellar fisuras que no muestran movimientos.

Arena es utilizada para evitar que el sellador sea retirado por el paso de los vehículos. La arena podrá ser triturada o natural, los granos serán densos, limpios y duros, libres de terrones de arcilla y de cualquier material que pueda impedir la adhesión de estos con el asfalto.

Los materiales que se especifica emplear para el sellado de fisuras y grietas, según su ancho, son:

Grietas hasta 6 mm de ancho. Emplear riegos de liga con emulsiones asfálticas tipo CSS-1 diluidas en agua en proporción 1:1.

Grietas entre 6 mm y 20 mm de ancho. Emplear como selladores, asfaltos modificados con polímeros y con caucho o sellantes elastómeros.

Grietas entre 20 mm y 70 mm de ancho. Utilizar como sellador una mezcla de arena emulsión asfáltica tipo CRS-1 o CRS-2 con una dosis no inferior que 18% de emulsión. También se podrán emplear emulsiones modificadas con elastómeros o preferentemente emplear como selladores, asfaltos modificados con polímeros y con caucho o sellantes elastómeros. (MTC, 2018).

### **Equipos y herramientas:**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad dependerán del ancho de las fisuras y/o grietas a sellar. En general son: herramientas manuales: lampas, carretillas, escobillas metálicas, varilla de acero y espátulas y equipos: volquete, compresor móvil para la limpieza con aire a presión, esparcidor de riego de liga, esparcidor de arena,

camión distribuidor de asfalto, mezcladora de trompo, rodillo de compactación manual, ruteador y sellador fundidor, dependiendo de la técnica a emplear y otros. (MTC, 2018).

**Procedimiento de ejecución:** (MTC, 2018).

- Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
- El personal debe contar con los uniformes, y todo el equipo de protección personal de acuerdo con las normas establecidas vigentes sobre la materia.
- Identificar las zonas de fisuras y grietas a sellar, procediendo a marcarlas con yeso, tiza u otro material de color visible. Estas marcas indican el inicio y final de cada grieta.
- Tomar fotografías de los casos más relevantes y/o representativos en la situación inicial y en las posteriores actividades de avance.
- Elaborar el programa detallado del trabajo para el sellado y distribuir el personal a emplear.
- Realizar la limpieza de la superficie utilizando escobillado y un chorro de aire a presión (presión mínima 120 psi). Tanto el espacio formado por la grieta, como el área adyacente a la misma, debe estar libre de polvo o de cualquier otro material.
- Aplicar el material sellante tomando especial cuidado de producir una adherencia efectiva del riego de liga con las paredes de la fisura y/o grieta.
- El mezclado o preparación de las mezclas deberá realizarse por medio de equipos mecánicos adecuados que aseguren productos homogéneos y que sean muy maniobrables ya que es un trabajo que debe hacerse bastante rápido en la carretera. Asimismo, se reitera la importancia de contar con la suficiente señalización para evitar accidentes con los vehículos.
- El trabajo de sellado solo se debe realizar cuando la temperatura ambiente sea superior a 5° C e inferior a 30°C.

- Para habilitar rápidamente el tránsito, el sellado se debe espolvorear con cal.
- Hacer la limpieza general del sitio de trabajo, retirar las señales y dispositivos de seguridad.



Fotografía 1: Sellado de fisuras y grietas.

Fuente: Manual de carreteras: mantenimiento o conservación vial (MTC, 2018).

## 2. Parchado superficial en calzada

### Descripción:

Esta actividad es una de las más difundidas técnicamente en la conservación de pavimentos flexibles. El parchado superficial comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la carpeta asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos.

El objetivo del parchado superficial es recuperar las condiciones para una adecuada circulación vehicular. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento. (MTC, 2018).

**Materiales:**

Los materiales a utilizar para la ejecución de esta actividad dependerán de las características del bache que se ha decidido reparar. Los materiales a emplear pueden ser:

**Ligantes:** Cuando la mezcla de reemplazo deba apoyarse sobre una base granular, se debe utilizar como imprimante un asfalto diluido de curado medio, tipo MC-30, o una emulsión asfáltica de imprimación.

Cuando la mezcla se coloque apoyándose sobre una capa asfáltica y cuando se utilicen medios mecánicos para el bacheo, como ligantes debe utilizar una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida, tipo CRS-1, diluida en agua en proporción de 1:1.

**Mezclas asfálticas:** En la reparación de pavimentos de concreto asfáltico en caliente se deben utilizar, de preferencia, mezclas asfálticas densas en caliente, ligadas con cemento asfáltico tipo CA 60-70 o CA 85-100

En la reparación de pavimentos constituidos por mezclas en frío, cuando se realice un bacheo mecanizado o cuando resulte impracticable colocar una mezcla en caliente, se podrá utilizar una mezcla en frío, utilizando como ligante una emulsión de rotura lenta o media.

Como una solución de emergencia y cuando las condiciones climáticas impidan utilizar mezclas en caliente, se podrán emplear mezclas en frío tipo almacenables (Stock Pile) o similares, predosificadas y que se encuentren apiladas en lugares adecuados. (MTC, 2018).

**Equipos y herramientas:**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad de los materiales a utilizar para el Parchado.

**Parchado manual:** herramientas: lampas, carretillas, escobas, escobillas de acero, picotas, rastrillos, varillas, regadora y termómetro de inmersión, y equipos: volquete, sierra corta

pavimentos, compresor móvil para la limpieza con aire a presión, esparcidor de riego de liga, compactador neumático o liso.

Parchado mecanizado: herramientas: lampas, carretillas, chuzos, y termómetro de inmersión, y equipos: volquete, sierra corta pavimentos y equipo mecánico para bacheo y otros. (MTC, 2018).

**Procedimiento de ejecución:** (MTC, 2018).

- Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
- El personal debe contar con los uniformes, y todo el equipo de protección personal.
- Identificar las áreas deterioradas y proceder a delimitarlas con pintura en forma rectangular o cuadrada con sus lados paralelos y perpendiculares al eje de la calzada y deben cubrir unos 30 cm de superficie circundante en buen estado.
- Tomar fotografías de los casos más relevantes y/o representativos en la situación inicial y en las posteriores actividades de avance.
- Elaborar el programa detallado del trabajo para el parchado superficial y distribuir el personal a emplear.
- Ejecutar las acciones del parchado manual o de bacheo mecanizado de acuerdo con los siguientes requerimientos:

Parchado Manual: Consiste en la remoción manual de la zona deteriorada, la limpieza de las paredes resultantes, luego la colocación de un imprimante o un riego de liga, según corresponda, para finalizar con la colocación y compactación de una mezcla asfáltica. Este tipo de bacheo se puede realizar con mezclas en caliente, mezclas en frío y mezclas preparadas previamente.

Remoción de la zona deteriorada; las mezclas asfálticas deben cortarse de manera que las paredes queden verticales. La remoción debe alcanzar hasta una profundidad en que las mezclas no presenten signos de agrietamientos o fisuras y, en el caso de baches, debe alcanzar el punto más profundo de él.

Relleno; las paredes y fondo de la zona a tratar, deben limpiarse mediante un barrido enérgico, las paredes deben quedar firmes y perfectamente limpias.

En seguida, la superficie y las paredes se recubrirán con el ligante que corresponda. Se deben utilizar escobillones u otros elementos similares que permitan esparcir el ligante uniformemente (generalmente la dosificación está comprendida entre 1.3 l/m<sup>2</sup> y 2.4 l/m<sup>2</sup>). Se debe verificar que la emulsión haya alcanzado la rotura o que la imprimación haya penetrado debidamente.

La mezcla asfáltica se debe extender y nivelar mediante rastrillos, colocando la cantidad adecuada para que sobresalga unos 6 mm sobre el pavimento circundante. En los extremos, se deberá recortar la mezcla de manera de dejar paredes verticales y retirar cualquier exceso. La compactación se deberá realizar con un rodillo neumático o liso, de 3 a 5 toneladas de peso. El desnivel máximo tolerable entre la zona reparada y el pavimento que la rodea será de 3mm.

Parchado mecanizado: Se refiere a las labores de bacheo superficial realizadas mediante un equipo, especialmente diseñado, que en forma secuencial, limpia el área afectada, coloca un imprimante o riego de liga a presión, rellena y compacta el bache mediante una mezcla asfáltica.

El trabajo se deberá terminar dentro de un plazo de 24 horas. La longitud máxima de los tramos en un carril de la calzada y manteniendo el tránsito unidireccional en el otro carril, será de 2.5 kilómetros.

- Hacer la limpieza general del sitio de trabajo, retirar las señales y dispositivos de seguridad.



Fotografía 2: Parchado superficial.

Fuente: Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial (MTC 2018).

### 3. Parchado Profundo en calzada

#### **Descripción:**

Consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura de un pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas, como parte de la base y/o subbase de la vía.

El objetivo del parchado profundo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales para una adecuada circulación vehicular. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

Parchados profundos, entendiéndose como tales aquellos cuya profundidad sea mayor de 50 mm. (MTC, 2018).

#### **Materiales:**

Los materiales a utilizar para la ejecución de esta actividad dependerán de las características del daño que se ha decidido reparar. Los materiales a emplear pueden ser:



**Bases y Subbases:**

Las subbases y bases existentes por remover serán reemplazadas por materiales que cumplan los requisitos correspondientes establecidos en la subsección 403.02, Base Granular del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente.

**Ligantes:**

Se debe utilizar como imprimante un asfalto diluido de curado medio, tipo MC-30, que cumpla con los requisitos establecidos en la subsección 428.02 del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente.

Para riegos de liga se utilizarán emulsiones asfálticas de rotura lenta tipo CSS-1 o CSS-1h diluidas en agua en proporción 1:1.

Para los tratamientos superficiales se utilizarán emulsiones asfálticas de rotura rápida tipo CRS-1 o CRS-2.

Mezclas asfálticas. En la reparación de pavimentos de concreto asfáltico en caliente se deben utilizar, de preferencia, mezclas asfálticas densas en caliente, ligadas con cemento asfáltico tipo CA 60-70 o CA 85-100.

En la reparación de pavimentos constituidos por mezclas en frío, o cuando resulte impracticable colocar una mezcla en caliente, se podrá utilizar una mezcla en frío, utilizando como ligante una emulsión de rotura lenta o media. (MTC, 2018).

**Equipos y herramientas:**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad dependerán del procedimiento y de los materiales a utilizar para el Parchado. En general pueden ser: herramientas: lampas, carretillas, escobas, escobillas de acero, picotas, rastrillos, varillas, regadora y termómetro de inmersión, y equipos: camión, volquete, sierra corta pavimentos,

compresor móvil para la limpieza con aire a presión, esparcidor de riego de liga, compactador neumático o liso y otros.

**Procedimiento de ejecución:** (MTC, 2018).

- Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
- El personal debe contar con los uniformes, y todo el equipo de protección personal.
- Identificar las zonas deterioradas y proceder a delimitarlas con pintura dándoles forma rectangular o cuadrada cuyos lados deberán ser paralelos y perpendiculares al eje de la vía y deberán cubrir unos 30 cm de superficie circundante de pavimento en buen estado.
- Tomar fotografías de los casos más relevantes y/o representativos en la situación inicial y en las posteriores actividades de avance.
- Elaborar el programa detallado del trabajo para el bacheo profundo y distribuir el personal a emplear.
- Ejecutar las acciones de parchado de acuerdo con las siguientes opciones técnicas dependiendo del caso y de las circunstancias.
- Parchado Profundo con Mezclas en Caliente: Comprende la excavación y remoción del pavimento, bases y sub-bases por reemplazar, el traslado de los trozos removidos a depósitos de excedentes autorizados, la colocación compactada de la base de reemplazo, la imprimación de la base, el riego de liga, y la preparación de la mezcla asfáltica de concreto asfáltico en caliente, su transporte, colocación y compactación.
- Parchado Profundo con Mezclas en Frio: Comprende la excavación y remoción del pavimento, bases y sub-bases por reemplazar, el traslado de los trozos removidos a depósitos autorizados, la colocación y compactación de la base de reemplazo, la imprimación de la base, el riego de liga, y la preparación de la mezcla asfáltica en frío

diseñada y fabricada especialmente o del tipo almacenable, su transporte, colocación y compactación.

- Parchado Profundo con Tratamiento Superficial: Comprende la excavación y remoción del tratamiento superficial existente, bases y sub-bases por reemplazar, el traslado de los trozos removidos a depósitos de excedentes autorizados, la colocación y compactación de la base de reemplazo, la imprimación de la base y la construcción del tratamiento superficial de las mismas características del existente.
- Antes de iniciar la colocación de los materiales de reemplazo se deberá revisar el fondo y paredes de la excavación, para verificar la presencia o no de escurrimientos de aguas.
- Hacer la limpieza general del sitio de trabajo, retirar las señales y dispositivos de seguridad.



Fotografía 3: Falla encontrada para el parchado profundo en la calzada.  
Fuente: Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial (MTC 2018).

## **B) Mantenimiento periódico**

La conservación periódica está referida a las condiciones que se requiere recuperar en los elementos que conforman lo que en el Perú se denomina las calzadas y las bermas de la

carretera, así como correcciones puntuales generadas por alguna inestabilidad en los terraplenes, que producirán posiblemente pequeños hundimientos y que requieren recuperación localizada de la plataforma, de la superficie de rodadura y de las obras complementarias. La conservación periódica puede en cierta medida programarse con alguna anticipación, pues son determinadas por el tránsito y/o las condiciones meteorológicas, Son repetitivas cada cierto tiempo que en periodos de más de un (01) año; la intervención de recuperación se centra fundamentalmente sobre la calzada y las bermas (MTC, 2018, p.25-26).

- **Actividades de mantenimiento o conservación periódica.**

**1. Sellos asfálticos**

**Descripción:**

Los sellos asfálticos consisten en recubrimientos sobre pavimentos flexibles con un riego asfáltico, solo o combinado con algún agregado.

El objetivo de los sellos asfálticos es la protección oportuna de pequeñas fisuras que normalmente son precursores de daños graves. En este sentido, las técnicas de sellado asfáltico tienen por finalidad aplicar medidas que pueden ser preventivas, correctivas o ambas. (MTC, 2018).

Las principales aplicaciones de las técnicas de sellado asfáltico son: (MTC, 2018).

- Los sellos con emulsión asfáltica que se utilizan para rejuvenecer superficies que presentan un cierto grado de envejecimiento (oxidación), para sellar fisuras y grietas pequeñas.
- Las lechadas asfálticas que cumplen una función similar que los sellos con emulsión y además detienen el desgaste superficial y mejoran la fricción entre el pavimento y los neumáticos.

- Los sellos tipo arena-asfalto y tratamiento superficial simple, al igual que los sellos anteriores, rejuvenecen, sellan la superficie, detienen el desgaste superficial y mejoran la fricción entre pavimento y neumático.

**Materiales:**

Los materiales a utilizar para la ejecución de esta actividad dependerán de la técnica a emplear, tal como se indica en seguida:

Para sellos con emulsión asfáltica y con lechadas asfálticas se deberán utilizar emulsiones catiónicas de rotura lenta tipo CSS-1, CSS- 1h

Para los sellos con lechadas asfálticas y con tratamientos superficiales, también se podrán usar emulsiones modificadas

Los áridos para las lechadas asfálticas deberán ser limpios, angulares, durables y bien graduados, provenientes del chancado de rocas, de arena natural o de una mezcla de ambos. (MTC, 2018).

**Equipos:**

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad dependerán de la técnica de sellado a emplear. En general pueden ser:

Los sellos de emulsión se aplicaran con distribuidor a presión y asegurándose que se produzca un recubrimiento uniforme. Cuando el área por recubrir sea grande se utilizará la barra de riego del distribuidor de asfalto, a la que se le colocará una pantalla perpendicular, inmediatamente contigua a la boquilla externa (borde exterior del pavimento), de manera de lograr un riego más uniforme y proteger las áreas contiguas a la superficie por tratar. Para superficies pequeñas se podrá emplear una barra manual.

El equipo para la aplicación del mortero asfáltico deberá incluir elementos para la explotación y elaboración de agregados pétreos; una mezcladora móvil para la fabricación y extensión del mortero asfáltico; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión superficie, distribuidor del material bituminoso, esparcidor de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores. En algunos casos, la supervisión podrá autorizar el esparcido manual de arena para los sellos arena-asfalto y otros.

**Procedimiento de Ejecución:** (MTC, 2018).

- Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
- El personal debe contar con los uniformes, y todo el equipo de protección personal.
- Identificar las zonas deterioradas y proceder a delimitarlas.
- Tomar fotografías de los casos más relevantes y/o representativos en la situación inicial y en las posteriores actividades de avance.
- Preparar la superficie para aplicar el sello asfáltico haciendo bacheo, si es del caso, y efectuar la limpieza de la superficie.
- Verificar que las condiciones climáticas; la temperatura atmosférica y de la superficie por sellar, sea 10°C o superior durante todo el proceso.
- El riego se debe hacer con distribuidor a presión en que la emulsión, diluida en agua en razón de 1:1; se aplique a razón de 0.5 kg/m<sup>2</sup> a 1.0 kg/m<sup>2</sup>, dependiendo del estado de la superficie por tratar. No se debe transitar sobre el área tratada hasta que la emulsión haya alcanzado la rotura completamente y, en ningún caso, antes de 2 horas.
- Hacer la limpieza general del sitio de trabajo, retirar las señales y dispositivos de seguridad.



Fotografía 4: Sellos asfálticos.

Fuente: Manual de carreteras: mantenimiento o conservación vial (MTC 2018).

## 2. Recapeos Asfálticos.

### Descripción:

La actividad consiste en la colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento de la vía

El objetivo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento, para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía.

La colocación de recapeos asfálticos debe ser realizada cuando el pavimento flexible se encuentra en un estado regular, cuando el Índice de Rugosidad Internacional IRI, tiene un valor entre 2.8 m/km y 4.0 m/km. (MTC, 2018).

### Procedimiento de ejecución: (MTC, 2018).

- Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad.
- El personal debe contar con los uniformes, y todo el equipo de protección personal.
- Identificar las zonas a intervenir y proceder a delimitarlas.

- Tomar fotografías de los casos más relevantes y/o representativos en la situación inicial y en las posteriores actividades de avance.
- Preparar la superficie para aplicar el recapeo asfáltico haciendo bacheo y sellos de fisuras y grietas, si es el caso.
- Verificar las condiciones climáticas, sin lluvias.
- Aplicar un riego de liga y permitir su curado.
- Ejecutar la colocación y compactación del recapeo asfáltico con la extendedora de mezcla asfáltica en caliente o maquina pavimentadora y luego compactar la mezcla extendida con rodillo vibratorio.
- Hacer la limpieza general del sitio de trabajo, retirar las señales y dispositivos de seguridad.



Fotografía 5: Recapeos asfálticos.

Fuente: Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial (MTC 2018).



### 3. Fresado de carpeta asfáltica

#### **Descripción:**

Este trabajo consiste en cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento de la vía.

El objetivo del fresado es la recuperación de las condiciones estructurales y superficiales del pavimento para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad y comodidad. (MTC, 2018).

El fresado en frío es un proceso por el cual un equipo provisto de un cilindro rotatorio, con dientes de especial dureza, remueve pavimentos de concreto asfáltico, hasta una profundidad especificada. Estos equipos cuentan con sistemas de nivelación automática y son capaces de operar con buena precisión.

Esta acción específica se refiere, a la remoción de 1 a 3 cm. de pavimento con la finalidad de alisar áreas deformadas con elevaciones y corrugaciones, ahuellamientos menores, superficies agrietadas.

El equipo remueve el material sin dañar las capas inferiores, deja una superficie rugosa y nivelada que facilita la colocación de nuevas capas de espesor uniforme, además de mejorar la adherencia. (Jugo, 2005).

#### **Materiales:**

Esta operación no requiere materiales.

#### **Equipos:**

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora, cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo.

- ✓ Equipado con un control automatizado para la profundidad de corte.

- ✓ Capaz de mantener una profundidad de corte uniforme.
- ✓ Capaz de fresar a la profundidad requerida, abarcando al menos la mitad del ancho de la capa a reciclar, o un carril, el que sea mayor.
- ✓ Capaz de triturar el material fresado.
- ✓ El equipo de fresado no deberá dañar el material a profundidades mayores a la de corte proyectada.

**Procedimiento de Ejecución:** (MTC, 2018).

- Preparación de la superficie existente: Antes de las operaciones de fresado, la superficie de pavimento se deberá encontrar limpia, mediante labores de barrido y/o soplado que se requieran para lograr tal condición.
- El fresado se efectuará sobre el área y el espesor que apruebe el supervisor, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar a la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente.
- El material extraído como resultado del fresado, deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indiquen los documentos del proyecto o que establezca el supervisor.
- Durante la manipulación del material fresado, se deberá evitar su contaminación con suelos u otros materiales extraños.
- En proximidades de sardineles y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento se deberá remover empleando otros métodos que den lugar a una superficie adecuada.
- El trabajo de fresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor del proyecto, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

- Si se diera el caso que al terminar una jornada de trabajo no se completase el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere 5 cm, se deberán suavizar de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.
- Cualquiera que sea el método utilizado, los trabajos de fresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca de la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda, siendo de su responsabilidad todos los daños y perjuicios que se ocasionen en dichos elementos durante el desarrollo de los trabajos. Al efecto, el supervisor estará facultado para exigir la modificación o el incremento de todas las medidas de seguridad que se hayan adoptado inicialmente.



Fotografía 6: Fresado de carpeta asfáltica.

Fuente: Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial (MTC 2018).

#### **4. Microfresado de carpeta asfáltica**

##### **Descripción:**

Esta operación se refiere al cepillado superficial (diamond grinding) de una carpeta asfáltica con el objetivo de corregir las irregularidades, lo que haría mejorar la serviciabilidad y a la vez prolongar la vida útil el periodo de servicio. (MTC, 2018).

##### **Materiales:**

Esta operación no requiere materiales.

##### **Equipos:**

El microfresado se ejecuta con una maquina autopropulsada especialmente diseñada para suavizar y dar una textura adecuada a la superficie.

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina microfresadora, cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo.

- ✓ Equipado con un control automatizado para la profundidad de corte.
- ✓ Capaz de mantener una profundidad de corte uniforme.
- ✓ Capaz de triturar el material fresado.
- ✓ El equipo de fresado no deberá dañar el material a profundidades mayores a la de corte proyectada.

##### **Procedimiento de ejecución:** (MTC, 2018).

- El microfresado solo se realiza una vez terminados todos los trabajos de reparación de juntas, parchados, reparación de baches, reparación de grietas y otros.
- Para obtener un mejor resultado, el equipo de microfresado debe trabajar avanzando en sentido contrario al del tránsito.

- El microfresado se ejecutará de manera que produzca o mantenga siempre una pendiente transversal hacia el exterior de la vía en mantenimiento.
- El microfresado debe ejecutarse de manera que las superficies queden en el mismo plano.
- Se deberán proveer los medios adecuados para remover los residuos que produce el microfresado, los que deberán retirarse antes que eventualmente lo haga el tránsito o el viento, o que escurran hacia pistas en servicio o hacia el drenaje del camino.
- El tratamiento deberá afectar como mínimo a 95% de la superficie, la que deberá quedar perfectamente lisa y de apariencia uniforme.
- Los materiales extraídos o sobrantes deberán trasladarse a botaderos autorizados, dejando el área de los trabajos realizados completamente limpia.



Fotografía 7: Microfresado de carpeta asfáltica.

Fuente: Manual de carreteras: mantenimiento o conservación vial (MTC 2018).

### C) Rehabilitación

Consiste en la ejecución de obras necesarias, para devolver al pavimento sus características geométricas y portantes originales, brindando una superficie de rodamiento uniforme, cómoda y segura. (Apolinario, 2012, p.22)

Rodríguez (2011), refiere que la rehabilitación procede cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro, pudiendo incluir algunos mejoramientos en los sistemas de drenaje y de contención. La rehabilitación tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura. (p.26)

Además, en la mayoría de los casos, la rehabilitación solo es necesaria cuando no ha existido una conservación vial adecuada. (Gamboa, 2009, p. 99)

#### 2.2.9.5. Ciclo de conservación vial.

Rodríguez (2011) presenta un esquema fatal e ideal de la conservación vial como se observa en las figuras 9 y 10 respectivamente, que consiste en combinar un adecuado mantenimiento rutinario con uno de naturaleza periódica.

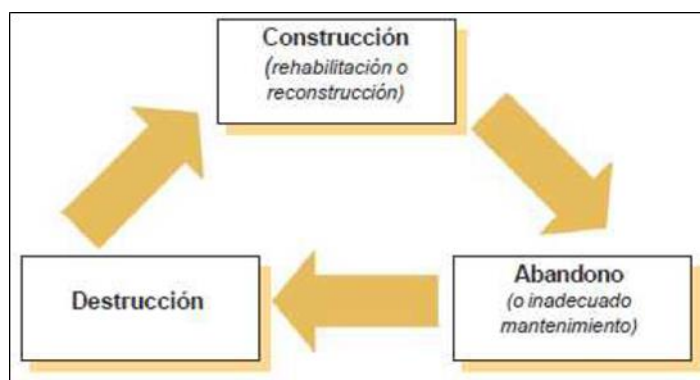


Figura 9: Diagrama del ciclo de vida fatal de la vía.

Fuente: Rodríguez, R.A. (2011). Tesis Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo. Cap. II, p.16.

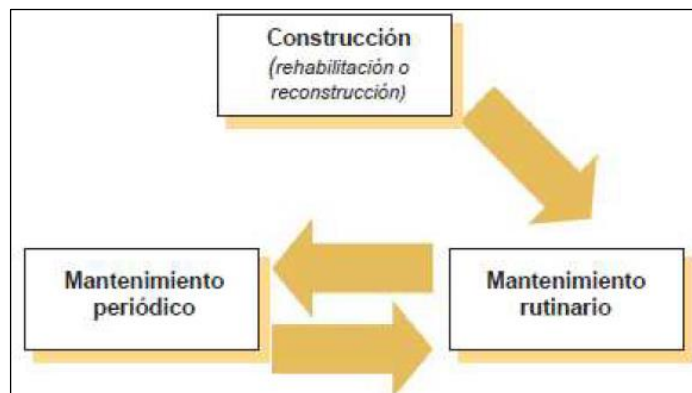


Figura 10: Diagrama del ciclo de vida deseable de la vía.

Fuente: Rodríguez, R.A. (2011). Tesis Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo. Cap. II, p.16.

#### 2.2.9.6. Niveles de servicio.

Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles. (MTC, 2018, p.33).

### 2.3. Definición de términos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se definirán algunos términos a utilizar que son necesarios para el desarrollo del mismo.

El Glosario De Términos De Uso Frecuente En Proyectos De Infraestructura Vial (MTC, 2018) define los siguientes términos:

- 1) **Bache:** Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

- 2) **Bacheo:** Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.
- 3) **Carretera:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- 4) **Carretera pavimentada:** Carretera cuya superficie de rodadura, está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto portland (rígida).
- 5) **Condición de transitabilidad:** Es la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI.
- 6) **Inventario vial:** Registro ordenado, sistemático y actualizado de una carretera o de un sistema vial existente, especificando su ubicación, características físicas y estado operativo.
- 7) **IRI:** Sigla que corresponde al índice de rugosidad internacional.
- 8) **Mantenimiento o conservación periódica:** Es el conjunto de actividades, programables cada cierto período, que se realizan en las vías para recuperar sus condiciones de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas, principalmente, a: i) reposición de capas de rodadura, reciclado de pavimento, recapeo, colocación de capas nivelantes, tratamientos superficiales y sellos, ii) aplicación de soluciones básicas, técnicamente evaluadas y ambientalmente sostenibles, en las capas de rodadura, iii) reparación puntual de capas inferiores del pavimento, iv) reparación puntual de: túneles, muros, sistema de drenaje, elementos de seguridad y



señalización, v) reparación puntual de la plataforma de la carretera, que puede incluir elementos de drenaje y actividades que contribuyan a la estabilidad de la misma, y vi) reparación puntual de los componentes de los puentes, tanto de la superestructura, como de la subestructura. Este tipo de actividades se realizan por la modalidad de ejecución presupuestaria directa o indirecta; siendo que en este último caso, se sustentarán en términos de referencia formulados en base a los “Estudios de Mantenimiento o Conservación Vial por Niveles de Servicio” o en “Criterios Básicos de Ingeniería”, previamente aprobados.

**9) Mantenimiento o conservación rutinaria:** Es el conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas, principalmente, a labores de limpieza, bacheo y perfilado de la plataforma, roce y limpieza del derecho de vía, limpieza general del sistema de drenaje, mantenimiento de la señalización y elementos de seguridad vial, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes. Este tipo de actividades se realizan por la modalidad de ejecución presupuestaria directa o indirecta; siendo que en este último caso, se sustentarán en términos de referencia formulados en base a los “Estudios de mantenimiento o conservación vial por niveles de servicio” o en “Criterios básicos de ingeniería”, previamente aprobados.

**10) Mantenimiento vial:** Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario; puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

- 11) Mejoramiento:** Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.
- 12) Niveles de servicio:** Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.
- 13) Pavimento flexible:** Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.
- 14) Red vial:** Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (nacional, departamental o regional y vecinal o rural).
- 15) Red vial departamental o regional:** Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Articula básicamente a la red vial nacional con la red vial vecinal o rural.
- 16) Red vial nacional:** Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del sistema nacional de carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras departamentales o regionales y de las carreteras vecinales o rurales.
- 17) Red vial vecinal o rural:** Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con

capitales de distrito, éstas entre sí, con centros poblados o zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional.

- 18) Rehabilitación:** Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros.
- 19) Rugosidad (pavimento):** Parámetro que permite evaluar las deformaciones verticales de la capa de superficie de rodadura de un pavimento. Se expresa mediante el índice de rugosidad internacional (IRI).
- 20) Superficie de rodadura:** Plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico.
- 21) Transitabilidad:** Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.
- 22) Usuario:** Persona natural, pública o privada que utiliza la infraestructura vial pública.
- 23) Vía:** Camino, arteria o calle, que comprende la plataforma y sus obras complementarias.

## **Capítulo III**

### **Metodología de la Investigación**

#### **3.1. Perspectiva metodología y tipo de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación.**

El tipo de investigación es descriptiva ya que tiene por finalidad detallar los hechos tal como son observados, en este caso particular la determinación de la condición de transitabilidad de la carretera San Marcos - Carhuayoc, con el uso del rugosímetro de merlín.

##### **3.1.2. Nivel de investigación.**

El nivel de Investigación es descriptivo, porque permite ordenar y describir una realidad sin intentar explicar las relaciones ni las dependencias entre las variables, el resultado de las observaciones, las características y otras variables de fenómenos y hechos.

### **3.1.3. Orientación de investigación.**

La orientación de la investigación es aplicada, porque tiene como objetivo resolver un determinado problema, el cual es determinar la condición de transitabilidad del pavimento flexible, con el uso del rugosímetro de merlín, con fines de mantenimiento o conservación vial de la carretera San Marcos – Carhuayoc del Km 0+000 al Km 5+000.

### **3.1.4. Enfoque de investigación.**

El enfoque de la Investigación es cualitativo, porque para la determinación de la condición de transitabilidad obtendremos resultados descriptivos como: muy buena, buena, regular, mala, muy mala.

### **3.1.5. Diseño de investigación.**

El diseño de la investigación es no experimental, porque no existe manipulación de variable independiente, es decir, se interpreta lo que es: una situación existente, no provocada y porque los hechos y las variables ya ocurrieron.

Por otro lado, según la temporalización la investigación es de tipo transversal ya que las mediciones realizadas en campo se tomaron una sola vez de tal forma que se analizan los datos en un momento dado. Además, es de diseño prospectivo, ya que los datos tomados en campo fueron recientes.

## **3.2. Límites de la investigación**

La investigación se refiere solo a la evaluación funcional del pavimento flexible, orientado a determinar la regularidad superficial, es decir la comodidad que ofrece la vía al usuario. La metodología a usar para realizar esta evaluación funcional será con el rugosímetro de Merlín. La presente investigación no analiza la estructura del pavimento.

### 3.3. Contexto y unidad de análisis: población y muestra

#### 3.3.1. Contexto

##### Ubicación

La carretera San Marcos – Carhuayoc es parte de la carretera departamental AN-111 y se encuentra ubicado en el departamento de Ancash, provincia de Huari, distrito de San Marcos.

El estudio se realizó del km 0+000 al km 5+000 tramo que se encuentra pavimentado.

La ubicación política, geográfica y vía es la siguiente.

##### A) Ubicación política:

- Departamento : Ancash
- Provincia : Huari
- Distrito : San Marcos

##### B) Ubicación geográfica (coordenadas UTM):

- San Marcos: Km 0+ 000 (Inicio).
  - ✓ Este : 263,276 m.
  - ✓ Norte : 8'9465,74 m.
  - ✓ Altitud : 2,965 m.s.n.m.
- Carhuayoc: Km 5+000 (Fin).
  - ✓ Este : 266,519 m.
  - ✓ Norte : 8'946,017 m.
  - ✓ Altitud : 3,205 m.s.n.m.

## C) Vía

- Carretera AN-111 : San Marcos - Hacienda. Palmar, L=89.75 km.
- Tramo en estudio : San Marcos - Carhuayoc (Ancash), km 0+000 al km 5+000.

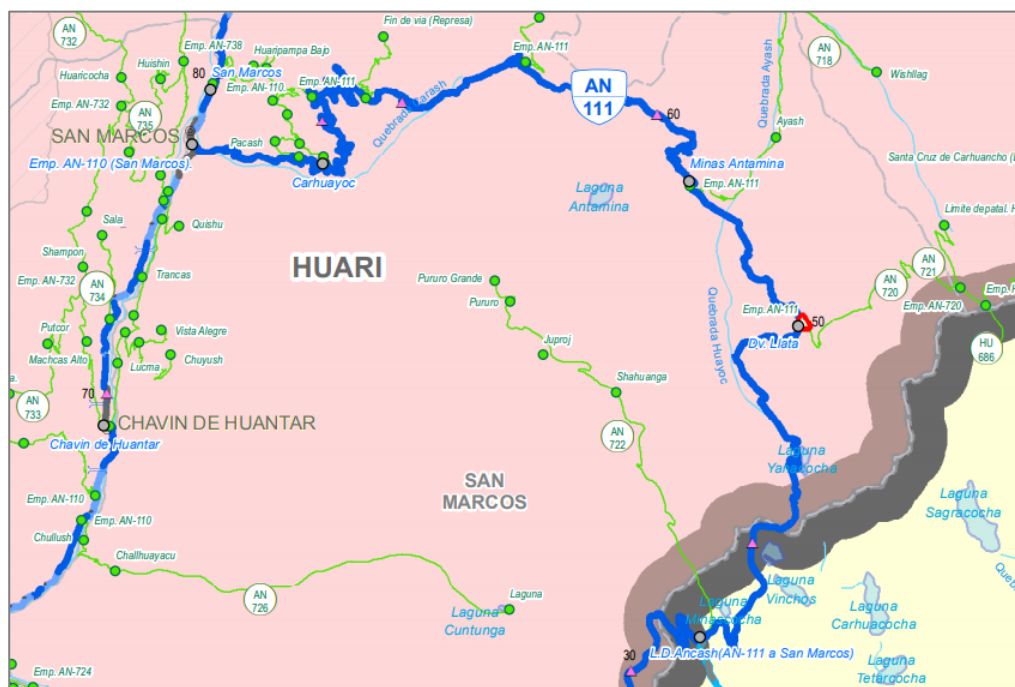


Figura 11: Ubicación de la carretera San Marcos – Carhuayoc –Hacienda Palmar (AN-111).  
Fuente: Mapa vial de Carreteras (MTC-2017)

### 3.3.2. Población y muestra.

La población y muestra para la presente investigación son iguales, dado que la totalidad de la carretera AN-111 no es pavimentada, estando solamente con este tipo de superficie de rodadura del km 0+000 al km 5+000, y el resto es de superficie no pavimentada.

### 3.4. Métodos y recursos empleados

Se usó la metodología para la determinación del IRI del ing. Pablo del Águila en el que se usa el equipo del Rugosimetro de merlín y con esos valores se determinó la condición de

transitabilidad del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc del km 0+000 al km 5+000

Para establecer soluciones para el mantenimiento o conservación vial se usó el manual de Conservación y Mantenimiento Vial del MTC 2018.

### **3.5. Procedimiento de recolección y análisis de datos**

El plan se desarrollará en dos fases.

#### **Primera Fase:**

Consistió en la observación, recolección y acumulación de datos sobre el tramo de la carretera en estudio.

Se dividió en las siguientes etapas:

- ✓ Visita a campo para el reconocimiento del tramo de estudio.
- ✓ Se realizó la medición y señalización de las progresivas del tramo de carretera en estudio.
- ✓ Se realizó la medición con el equipo de Merlín cada 400 m, en ambos carriles y siguiendo la huella de los vehículos, generándose un total de 8 mediciones de unidades IRI (m/km) por tramo.
- ✓ Se registró la data en hojas de campo prediseñadas previamente.
- ✓ Se hizo el registro fotográfico del trabajo de campo y de las fallas o daños existentes en la carretera en estudio.

#### **Segunda Fase:**

Comprendió el procesamiento y análisis de los datos en gabinete.

- ✓ Con la información de campo obtenida, se realizó el procesamiento y análisis de los datos para determinar las unidades IRI por tramo, y finalmente determinar la condición



de transitabilidad del tramo de carretera en estudio. El procesamiento de la información se hizo con la ayuda de hojas de cálculo de Microsoft Excel 2013.

- ✓ Finalmente se proponen las soluciones para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN -111 San Marcos – Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, y recuperar sus niveles de servicio según el Manual de Carreteras de Mantenimiento o Conservación Vial MTC 2018.

#### **A. Fuentes de recolección de información.**

- Fuentes primarias.

Se consideran como fuentes primarias la carretera AN -111 San Marcos – Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, provincia de Huari, de donde se tomará la información de primera mano.

- Fuentes secundarias.

La investigación se sustentó con información y literatura relacionada con el tema; así como la interpretación y aplicación de la Norma vigente en el Perú (manual de carreteras de mantenimiento o conservación Vial MTC) y la metodología para la determinación del IRI del ing. Pablo del Águila.

#### **B. Técnicas de recolección de información.**

##### **Análisis documental**

Se consultó diferentes fuentes y documentos que proporcionen información en torno al tema de estudio, y también se obtuvo datos de diversos estudios que anteriormente se han realizado referentes al problema que se investigará.

##### **Observación in situ**

La técnica para la recolección de información de campo fue la observación y el instrumento usado fue el registro en hojas de campo.

Se realizó un total 200 mediciones siguiendo la huella de los vehículos en la calzada.

### **C. Procesamiento de información.**

Con la información en campo obtenida (Ensayos para la medición de la rugosidad con Merlín - hoja de campo), se procederá a realizar el procesamiento de los datos para determinar las unidades IRI por tramo, y finalmente determinar la condición de transitabilidad del tramo de carretera en estudio.

### **D. Análisis e interpretación de la información.**

Determinada la condición de transitabilidad del tramo en estudio de la carretera, se propone las soluciones para el mantenimiento o conservación de la vía, con el fin de elevar su índice de serviciabilidad presente (PSI) y en consecuencia alargar la vida útil del pavimento.

### **E. Determinación de las unidades de muestreo**

Se efectuó un recorrido a la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, con la finalidad de sectorizar los tramos.

Según la metodología para la determinación del IRI por ing. Pablo del Águila, se efectuó muestras de 400m de longitud de sección a través de toda la longitud de la carretera:

- Distancia de la carretera entre San Marcos - Carhuayoc: 5.00 km.
- Longitud efectiva de la carretera pavimentado (pavimento flexible) : 3.20 km
- Longitud de la unidad de muestreo: 400 m
- Cantidad de tramos : 8
- Total de unidades de muestreo por tramo: 8
- Cantidad de ensayos en la carretera : 64

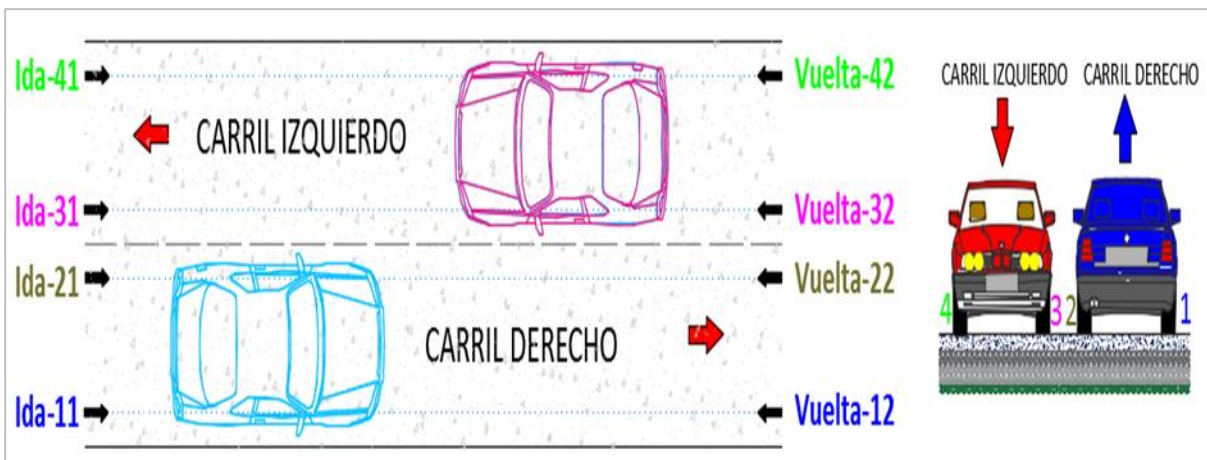


Figura 12: Esquema para la medición del IRI con el rugosímetro de Merlín  
Fuente: Elaboración propia

Donde:

- ✓ Cantidad de carriles: 02
- ✓ Ensayos por cada huella de las llantas del vehículo: 02 (ida y vuelta)
- ✓ Ensayos por cada carril: 04
- ✓ Total de ensayos por tramo: 08 (carril derecho e izquierdo).

La medición en campo fue de la siguiente manera, se empezó con la huella de ida-11, luego se regresó por la misma huella vuelta-12, del mismo modo se procedió para las demás huellas del vehículo en la calzada, obteniendo en un total de 08 ensayos en un tramo de 400 m de longitud.

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### 4.1. Condición de transitabilidad del pavimento flexible.

Para la determinación de la condición de transitabilidad del pavimento flexible de la carretera se hizo la sectorización en 08 tramos, cada tramo tiene la longitud de 400m.

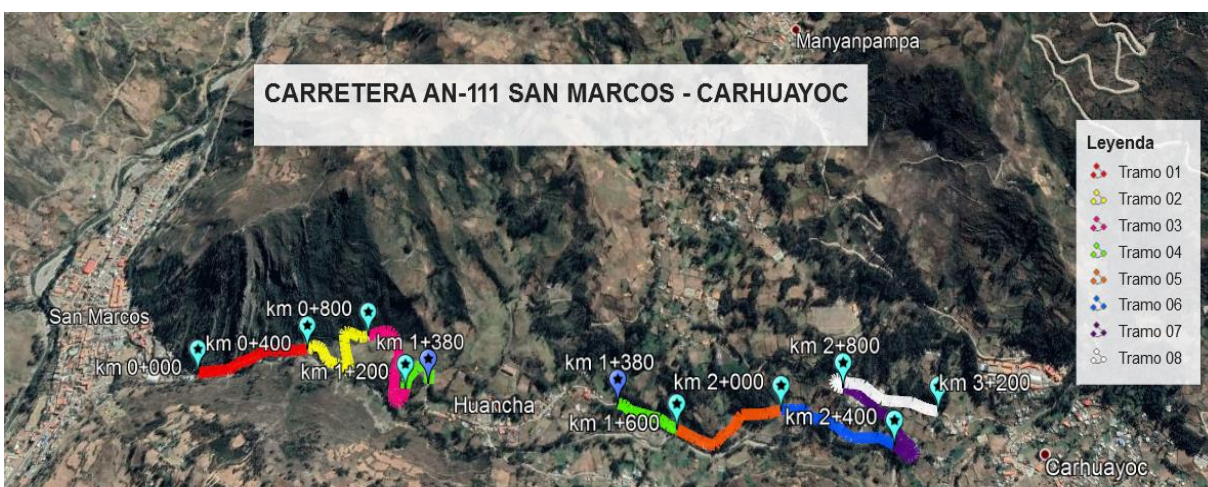


Figura 13: Carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc (tramo de estudio).  
Fuente: Imagen Google Earth y elaboración propia



Fotografía 8: Calibración del brazo móvil, en el número 25 de la escala de medición.  
Fuente: Propia



Fotografía 9: Nivelación con la pastilla de 6mm, el equipo del rugosímetro de merlín.  
Fuente: Propia

### **Procedimiento de determinación de la condición de transitabilidad.**

Dicho procedimiento se va realizar para el tramo 01, del km 0+000 al km 0+400, cuya huella es “Ida-11”, ya que el procedimiento es el mismo para las demás huellas ya sea de ida o de vuelta.

1. Llenamos los datos de campo, en el formato para la medición de la rugosidad con el merlín (hoja de campo), que se encuentra en el anexo 01 (Ensayo 01).
2. Las 200 mediciones obtenidas en el campo, llenamos en la plantilla de Excel “Cálculo del índice de rugosidad internacional m/km” que se encuentra en la parte inferior izquierda (Anexo 02) (Tramo 01, Progresiva 0+000 al 0+400, Carril / huella: Derecho / 11).
3. Luego en la parte derecha de la hoja de cálculo, nos muestra la histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones realizadas en campo, la cual se encuentra en el anexo 02 (Tramo 01, Progresiva 0+000 al 0+400, Carril / huella: Derecho / 11).
4. Se coloca el dato del factor de corrección, en el anexo 02.
  - Lectura sin la pastilla de 6 mm : 25
  - Lectura con la pastilla de 6 mm : 20

El factor de corrección es: 2.40

5. Se realiza la depuración del 10% de observaciones ( 10 datos en cada cola del histograma)
6. Luego se determina el parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el rango de la muestra (D), el cual está afectado por el factor de corrección.
7. El valor de “D” es la rugosidad del pavimento en “unidades merlín”, para el presente ejemplo es  $D=194.00$  mm
8. Usando la ecuación de correlación  $IRI=0.593+0.0471D$ , el resultado para el tramo 01, progresiva km 0+000 al km 0+400 del carril derecho, huella 11, de ida es  $IRI=9.73$  m/km.

9. Se usa el mismo procedimiento para determinar el IRI de la huella 12 (vuelta), el cual tiene como resultado  $IRI=9.64$  m/km.
10. Una vez calculado el IRI de ida y de vuelta se saca un promedio , el cual es  $9.68$  m/km
11. Con ese  $IRI_p=9.68$  m/km, mediante la expresión establecida por sayers, se determina el índice de serviciabilidad presente PSI, el cual resulta  $0.86$ .
12. Con el valor de  $PSI=0.86$  vamos a tabla 2, para determinar la condición de transitabilidad de la vía en la huella 1, es decir de ida y vuelta.
13. Se sigue el mismo procedimiento para las demás huellas.
14. Se adjunta un solo formato para la medición de la rugosidad con merlín (hoja de campo) carril derecho, huella 11, que se encuentra en el anexo 01 ya que las 200 mediciones por huella se repiten en la hoja de cálculo en la parte inferior izquierda del anexo 02.
15. Se realizó 64 ensayos, la cantidad de tramos en estudio fueron 08, y la cantidad de ensayos por tramo fueron 08.
16. Finalmente se saca un promedio del índice de rugosidad internacional de los 08 tramos en estudio, con la cual se determina la transitabilidad de la vía.

**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 01, progresiva km 0+000 al km 0+400, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 22-01-20.**

Tabla 6:

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 01, km 0+000 al km 0+400.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	9.73	9.68	0.86	MuyMala
	Vuelta 12	9.64			
	Ida 21	9.82	9.64	0.87	MuyMala
	Vuelta 22	9.45			
Izquierdo	Ida 31	7.94	7.85	1.20	Mala
	Vuelta 32	7.75			
	Ida 41	7.71	7.18	1.35	Mala
	Vuelta 42	6.65			
Promedio x 400m			8.59	1.05	Mala

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 01 de la progresiva km 0+000 al km 0+400, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MALA**.



Fotografía 10: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 01. Progresiva km 0+020.  
Fuente: propia.



Fotografía 11: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 01. Progresiva km 0+320.  
Fuente: propia,



**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 02, progresiva km 0+400 al km 0+800, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 22-01-20.**

*Tabla 7:*

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 02, km 0+400 al km 0+800.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	11.95	11.87	0.58	Muy Mala
	Vuelta 12	11.78			
	Ida 21	10.06	10.04	0.81	Muy Mala
	Vuelta 22	10.01			
Izquierdo	Ida 31	8.73	8.70	1.03	Mala
	Vuelta 32	8.68			
	Ida 41	8.83	8.77	1.01	Mala
	Vuelta 42	8.72			
Promedio x 400m			<b>9.85</b>	<b>0.83</b>	<b>Muy Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 02 de la progresiva km 0+400 al km 0+800, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MUY MALA.**



Fotografía 12: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 02. Progresiva km 0+500.  
Fuente: propia.



Fotografía 13: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 02. Progresiva km 0+720.  
Fuente: propia.

**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 03, progresiva km 0+800 al km 1+200, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 23-01-20.**

Tabla 8:

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 03, km 0+800 al km 1+200.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	9.73	9.59	0.87	Muy Mala
	Vuelta 12	9.45			
	Ida 21	9.07	9.14	0.95	Muy Mala
	Vuelta 22	9.21			
Izquierdo	Ida 31	9.45	9.42	0.90	Muy Mala
	Vuelta 32	9.40			
	Ida 41	9.32	9.37	0.91	Muy Mala
	Vuelta 42	9.41			
Promedio x 400m			<b>9.38</b>	<b>0.91</b>	<b>Muy Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 03 de la progresiva km 0+800 al km 1+200, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MUY MALA**.



Fotografía 14: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 03. Progresiva km 0+900.  
Fuente: propia.



Fotografía 15: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 03. Progresiva km 1+100.  
Fuente: propia.

**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 04, progresiva km 1+200 al km 1+600, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 23-01-20.**

Tabla 9:

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 04, km 1+200 al km 1+600.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	11.71	11.80	0.58	Muy Mala
	Vuelta 12	11.90			
	Ida 21	11.76	11.69	0.60	Muy Mala
	Vuelta 22	11.61			
Izquierdo	Ida 31	11.95	11.81	0.58	Muy Mala
	Vuelta 32	11.67			
	Ida 41	11.61	11.78	0.59	Muy Mala
	Vuelta 42	11.95			
Promedio x 400m			11.77	0.59	<b>Muy Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 04 de la progresiva km 1+200 al km 1+600, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MUY MALA.**



Fotografía 16: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 04. Progresiva km 1+380.  
Fuente: propia.



Fotografía 17: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 04. Progresiva km 1+450.  
Fuente: propia.

**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 05, progresiva km 1+600 al km 2+000, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 23-01-20.**

Tabla 10:

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 05, km 1+600 al km 2+000.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	9.73	9.68	0.86	Muy Mala
	Vuelta 12	9.64			
	Ida 21	9.82	9.64	0.87	Muy Mala
	Vuelta 22	9.45			
Izquierdo	Ida 31	7.94	7.85	1.20	Mala
	Vuelta 32	7.75			
	Ida 41	7.71	7.18	1.35	Mala
	Vuelta 42	6.65			
<b>Promedio x 400m</b>			<b>8.59</b>	<b>1.05</b>	<b>Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 05 de la progresiva km 1+600 al km 2+000, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MALA**.



Fotografía 18: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 05. Progresiva km 1+750.  
Fuente: propia.



Fotografía 19: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 05. Progresiva km 1+900.  
Fuente: propia.

**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 06, progresiva km 2+000 al km 2+400, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 24-01-20.**

Tabla 11:

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 06, km 2+000 al km 2+400.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	8.47	8.49	1.07	Mala
	Vuelta 12	8.51			
	Ida 21	8.68	8.72	1.02	Mala
	Vuelta 22	8.77			
Izquierdo	Ida 31	8.58	8.51	1.06	Mala
	Vuelta 32	8.44			
	Ida 41	8.69	8.71	1.03	Mala
	Vuelta 42	8.73			
Promedio x 400m			<b>8.61</b>	<b>1.05</b>	<b>Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 06 de la progresiva km 2+000 al km 2+400, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MALA**.



Fotografía 20: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 06. Progresiva km 2+200.  
Fuente: propia.



Fotografía 21: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 06. Progresiva km 2+260.  
Fuente: propia.

**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 07, progresiva km 2+400 al km 2+800, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 24-01-20.**

Tabla 12:

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 07, km 2+400 al km 2+800.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	9.82	9.80	0.84	Muy Mala
	Vuelta 12	9.78			
	Ida 21	9.58	9.61	0.87	Muy Mala
	Vuelta 22	9.64			
Izquierdo	Ida 31	9.45	9.35	0.91	Muy Mala
	Vuelta 32	9.26			
	Ida 41	9.35	9.31	0.92	Muy Mala
	Vuelta 42	9.26			
Promedio x 400m			<b>9.52</b>	<b>0.89</b>	<b>Muy Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 07 de la progresiva km 2+400 al km 2+800, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MUY MALA**.



Fotografía 22: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 07. Progresiva km 2+460.  
Fuente: propia.



Fotografía 23: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 07. Progresiva km 2+550.  
Fuente: propia.

**Reporte del índice de rugosidad internacional (IRI) y la condición de transitabilidad del tramo 08, progresiva km 2+800 al km 3+200, de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc. Fecha: 25-01-20.**

Tabla 13:

*Reporte de la condición de transitabilidad del tramo 08, km 2+800 al km 3+200.*

Carril	Descripción	IRI (m/km)	IRIp (m/km)	PSI	Transitabilidad
Derecho	Ida 11	11.26	11.16	0.66	Muy Mala
	Vuelta 12	11.05			
	Ida 21	11.47	11.46	0.62	Muy Mala
	Vuelta 22	11.44			
Izquierdo	Ida 31	10.72	10.79	0.70	Muy Mala
	Vuelta 32	10.86			
	Ida 41	8.79	8.74	1.02	Mala
	Vuelta 42	8.69			
Promedio x 400m			<b>10.54</b>	<b>0.74</b>	<b>Muy Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

La condición de transitabilidad en el tramo 08 de la progresiva km 2+800 al km 3+200, de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc es: **MUY MALA**.



Fotografía 24: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 08. Progresiva km 2+820.  
Fuente: propia.



Fotografía 25: Medición con el rugosímetro de Merlín, tramo 08. Progresiva km 3+150.  
Fuente: propia.

Para el cálculo del índice de rugosidad internacional característico de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc se usó la siguiente fórmula:

$$IRI_c = IRI_{\text{promedio}} + 1.645 \times \text{Desv. Estándar.}$$

$$\text{Desviación Estándar Poblacional} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N}} = 1.03$$

$$IRI_c = 9.62 + 1.645 \times 1.03 = 11.31 \text{ m/km}$$

$$IRI_c = 11.31 \text{ m/km}$$

Los resultados del cálculo para los 08 tramos se muestran en la tabla 14.

Tabla 14:

*Condición de transitabilidad de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc.*

CONDICIÓN DE TRANSITABILIDAD DE LA CARRETERA AN-111, SAN MARCOS - CARHUAYOC.				
TRAMO	PROGRESIVA	IRI <sub>p</sub> (m/km)	PSI	CONDICIÓN DE TRANSITABILIDAD
Tramo 01	0+000 al 0+400	8.59	1.05	Mala
Tramo 02	0+400 al 0+800	9.85	0.83	Muy Mala
Tramo 03	0+800 al 1+200	9.38	0.91	Muy Mala
Tramo 04	1+200 al 1+600	11.77	0.59	Muy Mala
Tramo 05	1+600 al 2+000	8.69	1.03	Mala
Tramo 06	2+000 al 2+400	8.61	1.04	Mala
Tramo 07	2+400 al 2+800	9.52	0.89	Muy Mala
Tramo 08	2+800 al 3+200	10.54	0.74	Muy Mala
<b>Resumen:</b>	<b>0+000 al 3+200</b>	<b>9.62</b>	<b>0.87</b>	<b>Muy Mala</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14, se observa que el 62.50% de la longitud de la carretera presenta una condición de transitabilidad muy mala (tramos 02, 03, 04, 07 y 08), y un 37.50% presenta una condición de transitabilidad mala (tramos 01, 05 y 06).



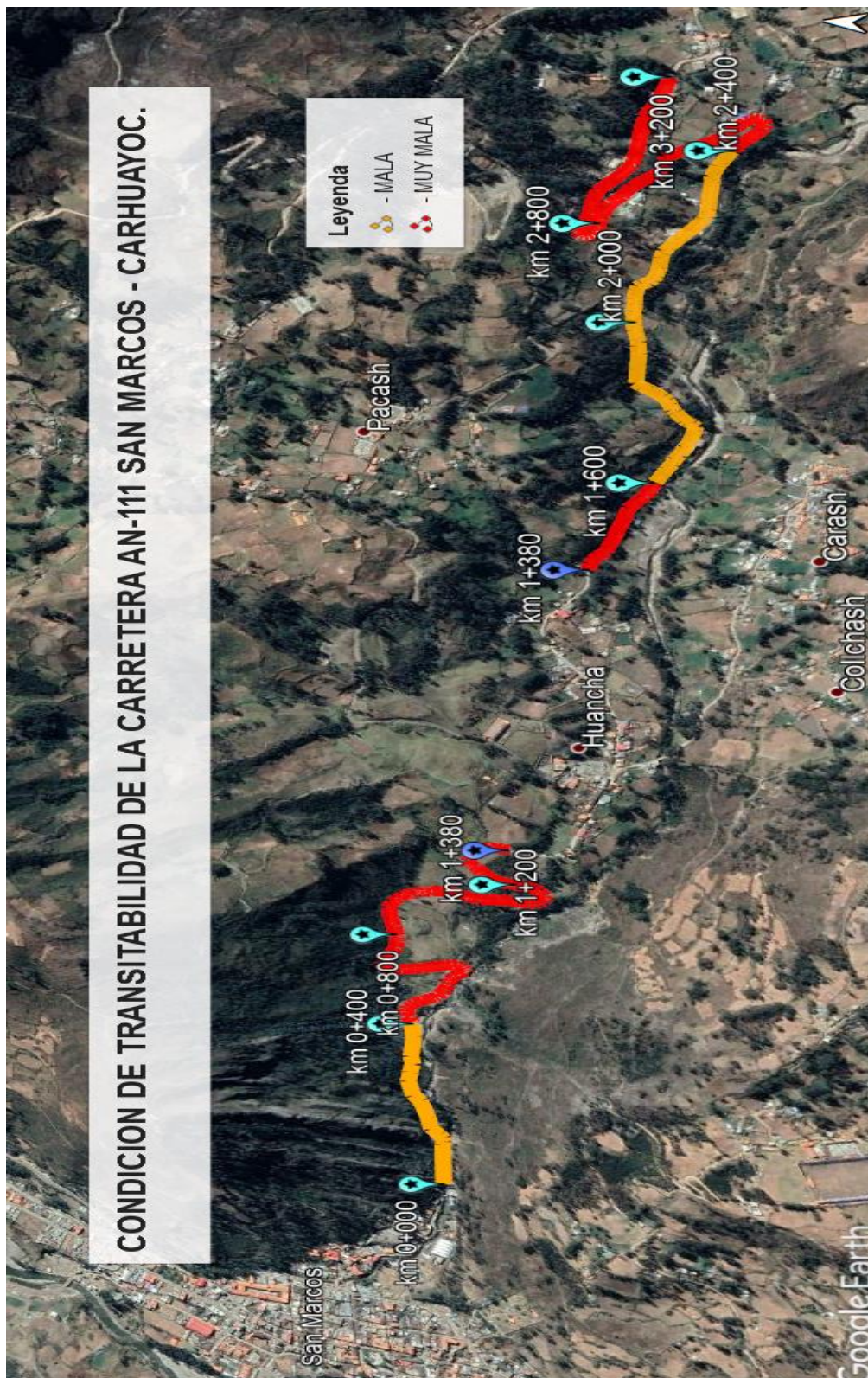


Figura 14: Condición de Transitabilidad de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc.  
 Fuente: Google Earth



Fotografía 26: Personas con quienes se realizó el trabajo en campo, medición del IRI.  
Fuente: propia.

#### **4.2. Fallas presentes encontradas en el pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc.**

Una vez determinado la condición de transitabilidad, se realizó el inventario de las fallas o deterioros presentes en el pavimento flexible de carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, para proponer alternativas de solución. Para la identificación de las fallas se usó lo especificado por el catálogo de los deterioros o fallas en los pavimentos flexibles del manual de carreteras mantenimiento o conservación vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2018.

**Tramo 01 (km 0+000 al km 0+400).**

La condición de transitabilidad **MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Piel de cocodrilo, deformación por deficiencia estructural, baches (huecos), peladuras y desprendimientos.



Fotografía 27: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+060.  
Fuente: propia.



Fotografía 28: Falla: Deformación por deficiencia estructural, gravedad 3 – km 0+100.  
Fuente: propia.



Fotografía 29: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 0+110.  
Fuente: propia.



Fotografía 30: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 0+380.  
Fuente: propia.

**Tramo 02 (km 0+400 al km 0+800).**

La condición de transitabilidad **MUY MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Piel de cocodrilo, peladuras y desprendimientos y ahuellamiento.



Fotografía 31: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+440.  
Fuente: propia.



Fotografía 32: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+540.  
Fuente: propia.



Fotografía 33: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 0+700.  
Fuente: propia.



Fotografía 34: Falla: Ahuellamiento, gravedad 3 – km 0+770  
Fuente: propia.

**Tramo 03 (km 0+800 al km 1+200).**

La condición de transitabilidad **MUY MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Piel de cocodrilo, baches (huecos), peladuras y desprendimientos.



Fotografía 35: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 0+820.  
Fuente: propia.



Fotografía 36: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 0+880.  
Fuente: propia.



Fotografía 37: Peladura y desprendimiento, gravedad 3 – km 0+920.  
Fuente: propia.



Fotografía 38: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 1+080.  
Fuente: propia.

**Tramo 04 (km 1+200 al km 1+600).**

La condición de transitabilidad **MUY MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Piel de cocodrilo, peladuras y desprendimientos y baches (huecos).



Fotografía 39: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 1+260.  
Fuente: propia.



Fotografía 40: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 1+370.  
Fuente: propia.



Fotografía 41: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 1+385.  
Fuente: propia.



Fotografía 42: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 3 – km 1+520.  
Fuente: propia.

**Tramo 05 (km 1+600 al km 2+000).**

La condición de transitabilidad **MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Peladuras y desprendimientos y baches (huecos).



Fotografía 43: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 1+680.  
Fuente: propia.



Fotografía 44: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 1+750.  
Fuente: propia.



Fotografía 45: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 1+800.  
Fuente: propia.



Fotografía 46: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 1+920.  
Fuente: propia.

**Tramo 06 (km 2+000 al km 2+400).**

La condición de transitabilidad **MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Baches (huecos), Peladuras y desprendimientos.



Fotografía 47: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+010.  
Fuente: propia.



Fotografía 48: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+100.  
Fuente: propia.



Fotografía 49: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 2+220.  
Fuente: propia.



Fotografía 50: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+280.  
Fuente: propia.



**Tramo 07 (km 2+400 al km 2+800).**

La condición de transitabilidad **MUY MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Piel de cocodrilo, baches (huecos), peladuras y desprendimientos y ahuellamientos.



Fotografía 51: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 –  
km 2+500.  
Fuente: propia.



Fotografía 52: Falla: Peladuras y desprendimientos,  
gravedad 3 – km 2+580.  
Fuente: propia.



Fotografía 53: Falla: Ahuellamiento, gravedad 3 – km  
2+580.  
Fuente: propia.



Fotografía 54: Falla: Piel de cocodrilo, gravedad 2 –  
km 2+760.  
Fuente: propia.

**Tramo 08 (km 2+800 al km 3+200).**

La condición de transitabilidad **MUY MALA**.

Las fallas presentes encontradas: Baches (huecos), peladuras y desprendimientos.



Fotografía 55: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 2+840.  
Fuente: propia.



Fotografía 56: Falla: Baches (huecos), gravedad 2 – km 2+880.  
Fuente: propia.



Fotografía 57: Falla: Peladuras y desprendimientos, gravedad 3 – km 2+920.  
Fuente: propia.



Fotografía 58: Falla: Baches (huecos), gravedad 3 – km 3+080.  
Fuente: propia.

Tabla 15:

*Fallas encontradas en la carretera AN-111, San Marcos - Carhuayoc.:*

<b>TRAMO</b>	<b>PROGRESIVA</b>		<b>CONDICION DE</b>	<b>FALLAS ENCONTRADOS</b>
	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>	<b>TRANSITABILIDAD</b>	<b>EN LA CARRETERA</b>
Tramo 01	0+000	0+400	Mala	Piel de cocodrilo, deformacion por deficiencia estructural, baches (huecos), peladuras y desprendimientos.
Tramo 02	0+400	0+800	Muy mala	Piel de cocodrilo, peladuras y desprendimientos y ahuellamiento.
Tramo 03	0+800	1+200	Muy mala	Piel de cocodrilo, baches (huecos), peladuras y desprendimientos.
Tramo 04	1+200	1+600	Muy mala	Piel de cocodrilo, peladuras y desprendimientos y baches (huecos).
Tramo 05	1+600	2+000	Mala	Peladuras y desprendimientos y baches (huecos).
Tramo 06	2+000	2+400	Mala	Baches (huecos), Peladuras y desprendimientos.
Tramo 07	2+400	2+800	Muy mala	Piel de cocodrilo, baches (huecos), peladuras y desprendimientos y ahuellamientos.
Tramo 08	2+800	3+200	Muy mala	Baches (huecos), peladuras y desprendimientos.

Fuente: Elaboración propia.

### **4.3. Soluciones de mantenimiento o conservación vial de la carretera**

En la tabla 14, se determinó la condición de transitabilidad para los 08 tramos, resultando entre mala y muy mala, debido que existen en su mayor parte fallas o daños como son: peladuras y desprendimientos, deformación por deficiencia estructural, ahuellamiento, piel de cocodrilo y baches (huecos), las cuales se detallan en la tabla 15.

La carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc, tiene un IR<sub>p</sub>=9.62 m/km y un IR<sub>c</sub>=11.31 m/km con un índice de serviciabilidad presente de 0.87, cuya condición de transitabilidad es muy mala.

Al realizar mantenimiento rutinario como son: Sellado de fisuras y grietas en calzadas, parchado superficial en calzada y parchado profundo en calzadas, no se va mejorar de manera significativa la condición de transitabilidad y con ello la serviciabilidad de la vía, debido que el estado de la superficie de rodadura del pavimento flexible está muy deteriora.

Por lo tanto, en la presente investigación se propone un mantenimiento periódico, cuya actividad es el fresado de carpeta asfáltica en frio en todo el tramo de la carretera San Marcos – Carhuayoc, según el manual de carreteras mantenimiento o conservación vial 2018 – MTC.

Tabla 16:

*Soluciones a los daños encontrados en la carretera AN-111, San Marcos - Carhuayoc.*

TRAMO	PROGRESIVA INICIO	FIN	CONDICION DE TRANSITABILIDAD	FALLAS ENCONTRADOS EN LA CARRETERA	SOLUCION.
Tramo 01	0+000	0+400	Mala	Piel de cocodrilo, deformacion por deficiencia estructural, baches (huecos), peladuras y desprendimientos.	
Tramo 02	0+400	0+800	Muy mala	Piel de cocodrilo, peladuras y desprendimientos y ahuellamiento.	
Tramo 03	0+800	1+200	Muy mala	Piel de cocodrilo, baches (huecos), peladuras y desprendimientos.	-Parchados y parchados profundos -Mantenimiento Periodico,
Tramo 04	1+200	1+600	Muy mala	Piel de cocodrilo, peladuras y desprendimientos y baches (huecos).	cuya actividad es el fresado de carpeta asfáltica en frio en todo el tramo de la carretera AN-
Tramo 05	1+600	2+000	Mala	Peladuras y desprendimientos y baches (huecos).	111, San Marcos - Carhuayoc.
Tramo 06	2+000	2+400	Mala	Baches (huecos), Peladuras y desprendimientos.	
Tramo 07	2+400	2+800	Muy mala	Piel de cocodrilo, baches (huecos), peladuras y desprendimientos y ahuellamientos.	
Tramo 08	2+800	3+200	Muy mala	Baches (huecos), peladuras y desprendimientos.	

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.4. Contrastación de hipótesis.**

##### **4.4.1. Hipótesis general.**

La condición de Transitabilidad del pavimento flexible, determinado con el uso del rugosímetro de merlín inicialmente se supuso como mala, resultando al final con los estudios realizados de muy mala de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.

##### **4.4.2. Hipótesis específicas.**

- a) La condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km), con el uso del rugosímetro de merlín determino la condición de transitabilidad del pavimento como muy mala de la carretera AN -111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.
- b) Las fallas encontradas en el pavimento flexible son del tipo superficial y estructural, que tienen trabajos específicos de mantenimiento y conservación vial.
- c) Las soluciones más adecuadas para el mantenimiento o conservación vial del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, serán actividades de parchados, parchados profundos y fresado en frio de la carpeta asfáltica.

## Conclusiones

- ✓ El 62.50% de la longitud de la carretera presenta una condición de transitabilidad muy mala (tramos 02, 03, 04, 07 y 08), y un 37.50% presenta una condición de transitabilidad mala (tramos 01, 05 y 06).

Tramo	Progresiva		Condición de Transitabilidad
	Inicio	Fin	
Tramo 01	0+000	0+400	Mala
Tramo 02	0+400	0+800	Muy mala
Tramo 03	0+800	1+200	Muy mala
Tramo 04	1+200	1+600	Muy mala
Tramo 05	1+600	2+000	Mala
Tramo 06	2+000	2+400	Mala
Tramo 07	2+400	2+800	Muy mala
Tramo 08	2+800	3+200	Muy mala

En conclusión, la condición de transitabilidad del pavimento flexible, resultó muy mala, con un  $IRIp = 9.62$  m/km y  $IRIc = 11.31$  m/km, con un índice de serviciabilidad presente PSI de 0.87 para todo el tramo en estudio.

- ✓ Las fallas o deterioros presentes encontrados con el catálogo del manual de carreteras mantenimiento o conservación vial MTC 2018 son los siguientes: Peladura y desprendimiento, baches (huecos), piel de cocodrilo, ahuellamiento, deformación por deficiencia estructural. De estas fallas las que se encuentran con mayor incidencia en la superficie del pavimento son las peladuras y desprendimientos.
- ✓ La solución propuesta para el mantenimiento o conservación vial, del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, son los parchados, parchados profundos y mantenimiento periódico, consistente en el fresado de carpeta asfáltica en frío, según lo recomendado por el manual de carreteras mantenimiento o conservación vial 2018 – MTC.

## Recomendaciones

- ✓ Para hallar la condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km), con el uso del rugosímetro de merlín, se recomienda tener correctamente calibrado el equipo y el personal capacitado para el uso del equipo.
- ✓ Se recomienda la metodología del manual de carreteras mantenimiento o conservación vial del MTC, para identificar y realizar las fallas o deterioros presentes en la carretera.
- ✓ PROVIAS nacional puede tomar los resultados de la presente investigación para realizar el mantenimiento y conservación de la carretera AN-111, San Marcos – Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, acogiendo las soluciones propuestas, para mejorar su condición de transitabilidad.

## Referencia bibliográfica

- Almanza, D. (2014). *Evaluación del modelo “quarter car” para la estimación del índice de Rugosidad Internacional (IRI) del tramo Huancavelica - Santa Inés* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Antiplano, Puno, Perú.
- Apolinario, E.W. (2012). *Innovación del método Vizir en estrategias de Conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito* (Tesis Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Arriaga, M., Garnica P. y Rico A. (1998). Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México. Instituto mexicano de Transporte.
- Carbajal, I. (2010). *Índice de rugosidad con equipo merlín monitoreo de conservación carretera Cañete -Huancayo km 118+000 al km 120+000* (Tesis de Pregrado). Universidad de Nacional Ingeniería, Lima, Perú.
- Caro, F. y Peña, G., (2012). Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. *Intekhnia*, 7(1), 57 – 72 paginas.
- Del Águila, P. (1999). Desarrollo de la ecuación de correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos utilizando el Rugosímetro Merlín, *X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto*, Sevilla, España.
- Del Águila, P. (1999). Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000 km de pavimentos en el Perú y otros países, *X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto*, Sevilla, España.



Del Águila, P. (1999). Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión, *X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto*, Sevilla, España.

Granados, J. (2016). *Inventario de condición del pavimento flexible, carretera Casma – Huaraz del km. 132+000 al km. 137+000 para el mantenimiento o conservación vial usando el manual del MTC - año 2016* (Tesis de Pregrado). Universidad de Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.

Gutiérrez, J. (2007). *Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú* (Tesis de Maestría). Universidad de Nacional Ingeniería, Lima, Perú.

Hirpahuanca, D. (2016). *Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el Rugosímetro de Merlín - 2016* (Tesis de Pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

Leguía, P. & Pacheco, H. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)* (Tesis de Pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima. Recuperado de:

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-08-14%20Mantenimiento%20o%20Conservacion%20y%20Parte\\_4\\_Mant\\_Rutinario\\_Caminos\\_Vecinales\\_GL\\_OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-08-14%20Mantenimiento%20o%20Conservacion%20y%20Parte_4_Mant_Rutinario_Caminos_Vecinales_GL_OK.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyecto de infraestructura vial*. Lima. Recuperado de:

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_4032.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf)

- Montoya, J. (2013). *Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú* (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Rodríguez, R.A. (2011). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo* (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Romero, D. (2017). *Calificación de la condición superficial para el mantenimiento de la carretera departamental Huarmey – Aija – Recuay (km 130+000 – km 140+000), aplicando el manual de mantenimiento o conservación vial del MTC, año 2016*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Sachún, J.E.N. (2016). *Estudio del índice de rugosidad internacional de la Panamericana Norte - zona Trujillo, para su mantenimiento* (Tesis Maestría). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.

**Anexos**

Anexo 01: Formatos para medición de la rugosidad con merlín (hoja de campo).

Anexo 02: Cálculo del índice de rugosidad internacional (m/Km).

Anexo 03: Matriz de consistencia

**Anexo 01: Formatos para medición de la rugosidad con merlín (hoja de campo).**

**FORMATOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN  
(HOJA DE CAMPO)**

<b>PROYECTO :</b>	Condición de transitabilidad del pavimento flexible, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera an-111 San marcos – Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, con el uso del rugosímetro de merlin, provincia Huari – Áncash – 2019							<b>TESISITA:</b>	Wilder A. Anaya Chávez		
<b>CARRETERA :</b>	AN-111 ( San Marcos - Carhuayoc)							<b>ASESOR:</b>	Ing. Oscar Fredy Alva Villacorta		
<b>TRAMO :</b>	Tramo 01							<b>FECHA :</b>	22/01/2020		
<b>CARRIL :</b>	Derecho - 11							<b>IDA</b>	( X )	<b>VUELTA</b>	( )
<b>ENSAYO N° :</b>	01		<b>DEL KM</b>	0 + 000			<b>AL KM</b>	0 + 400		<b>HORA :</b>	07:00 a.m.
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
1	1	30	23	28	26	34	27	25	23	27	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>
2	29	23	22	23	21	19	27	19	24	27	
3	25	21	26	22	25	23	28	26	25	25	<b>AFIRMADO</b>
4	20	25	25	24	26	28	28	28	31	23	
5	25	19	27	27	37	27	31	36	27	42	<b>BASE GRANULAR</b>
6	30	39	27	27	20	28	40	36	32	39	
7	45	42	29	33	28	30	30	29	26	22	<b>BASE IMPRIMADA</b>
8	30	27	30	30	27	27	34	27	29	28	
9	27	23	29	30	30	33	33	27	28	33	<b>TRAT. BICAPA</b>
10	30	31	34	26	29	30	49	50	29	29	
11	28	28	33	35	30	34	33	33	21	33	<b>CARPETA EN FRIO</b>
12	33	31	32	24	27	30	36	31	34	38	
13	27	27	32	31	32	31	32	32	29	32	<b>CARP. EN CALIENTE</b>
14	27	24	28	29	25	29	33	32	31	29	
15	30	31	30	34	28	28	29	28	31	28	<b>RECAPEO ASFALTICO</b>
16	33	28	25	34	25	27	28	33	27	28	
17	35	26	29	25	27	31	35	33	33	32	<b>SELLO</b>
18	25	24	38	34	47	30	36	32	31	30	
19	36	32	32	33	32	30	30	34	33	32	<b>OTROS</b>
20	30	31	24	33	37	24	37	36	31	39	
<b>OBSERVACIONES:</b>											

**Anexo 02: Cálculo del índice de rugosidad internacional (m/km).**









**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 01</b>	
<b>Progresiva: 0 + 000 al 0 + 400.</b>	
<b>Fecha: 22-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wider A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Derecho / 22
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C.</b> =	2.400
<b>D</b> =	188.00 mm
<b>RUGOSIDAD</b> =	0.593 + 0.0471 * D
=	9.45 IRI

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	30	35	38	24	38	32	24	31	39	1	
29	33	34	35	29	33	32	25	32	35	2	
32	31	30	36	30	25	34	38	25	37	3	
32	35	33	35	30	23	25	28	26	34	4	
28	28	33	28	27	26	34	25	28	33	5	
25	30	29	29	25	28	34	29	31	29	6	
29	30	32	32	29	25	30	28	24	27	7	
32	24	32	32	29	35	31	32	27	27	8	
37	34	31	35	30	27	25	32	31	34	9	
35	21	34	33	34	29	35	33	27	28	10	
29	29	40	37	29	29	26	35	31	25	11	
30	28	27	35	34	29	28	29	23	25	12	
28	29	27	34	27	27	24	30	27	36	13	
21	27	29	31	30	28	33	30	42	41	14	
39	32	36	42	28	21	27	27	39	29	15	
42	27	36	31	26	36	28	28	19	25	16	
25	31	28	28	28	26	24	25	26	20	17	
24	25	24	28	23	26	22	26	22	25	18	
29	24	19	27	20	25	23	22	23	27	19	
27	21	25	27	31	27	28	23	25	25	20	

**Frecuencia de Desviaciones**

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>0.90</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Muy Mala</b>



INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)										
<b>Tramo 01</b>										
<b>Progresiva: 0 + 000 al 0 + 400.</b>										
<b>Fecha: 22-01-20</b>										
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.									
<b>Carril / Huella</b>	Izquierdo / 32									
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>									
20	<b>Posicion Final del puntero</b>									
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>									
<b>F.C. = 2.400</b>										
<b>D = 152.00 mm</b>										
<b>RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471 * D</b>										
<b>= 7.75 IRI</b>										
<b>OBSERVACIONES :</b>										
La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1
35	38	27	35	34	38	27	33	34	32	1
35	22	29	31	34	28	29	30	31	22	2
32	21	35	22	34	26	39	29	32	35	3
30	32	29	31	39	28	30	29	35	34	4
29	31	25	27	27	30	29	29	29	26	5
29	30	29	31	28	30	27	31	29	27	6
35	30	28	32	26	27	27	25	28	30	7
31	34	27	28	23	23	32	20	30	31	8
22	31	26	28	27	26	31	28	32	35	9
30	33	33	35	35	31	30	30	29	27	10
32	35	32	32	31	32	32	32	34	33	11
30	26	28	27	31	32	30	29	36	32	12
29	35	30	32	31	30	29	33	32	25	13
31	31	29	35	26	36	39	31	34	34	14
33	27	32	35	32	29	30	29	32	31	15
34	33	33	32	30	32	33	33	30	36	16
36	28	28	33	28	33	32	30	36	29	17
33	33	31	32	33	32	27	29	33	33	18
35	36	34	32	18	28	33	38	32	34	19
32	37	31	29	28	30	34	22	42	31	20

Frecuencia de Desviaciones	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	1
19	
20	1
21	1
22	5
23	2
24	
25	3
26	7
27	14
28	14
29	
30	
31	
32	
33	18
34	13
35	15
36	6
37	1
38	3
39	3
40	
41	
42	1
43	
44	
45	
46	
47	
48	

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>1.22</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Mala</b>



















**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 02</b>	
<b>Progresiva: 0 + 400 al 0 + 800.</b>	
<b>Fecha: 22-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Izquierdo / 41
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C. =</b>	2.400
<b>D =</b>	174.80 mm
<b>RUGOSIDAD =</b>	0.593 + 0.0471 * D
	<b>8.83 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
29	30	31	29	30	31	27	26	30	29	1	
31	28	24	22	43	33	25	27	31	24	2	
33	27	24	25	32	32	30	27	33	25	3	
36	36	25	32	34	33	37	34	41	44	4	
33	24	24	27	36	24	31	33	30	31	5	
33	35	30	28	37	36	33	34	32	23	6	
29	26	33	31	30	33	29	30	30	36	7	
25	27	30	27	33	32	27	26	30	31	8	
28	27	31	28	28	31	32	28	31	33	9	
30	27	34	41	32	33	25	50	35	34	10	
35	41	36	44	28	20	35	35	31	24	11	
37	29	33	33	31	24	25	33	34	28	12	
36	32	28	33	29	32	35	30	25	34	13	
30	30	34	25	31	28	21	33	25	34	14	
35	28	30	39	27	30	25	41	34	12	15	
29	32	18	34	37	28	35	38	31	28	16	
32	27	28	32	43	37	30	33	31	35	17	
25	35	29	33	29	29	30	30	35	27	18	
15	24	25	33	38	27	35	32	29	32	19	
26	36	24	38	22	36	27	31	26	21	20	

**Frecuencia de Desviaciones**

												1
												2
												3
												4
												5
												6
												7
												8
												9
												10
											1	11
											X	12
												13
											1	14
											X	15
												16
											1	17
											X	18
											1	19
											X	20
											2	21
											X	22
											2	23
											X	24
												25
											10	26
											X	27
											5	28
											X	29
											15	30
											X	31
											14	32
											X	33
											13	34
											X	35
											12	36
											X	37
											9	38
											X	39
											5	40
											X	41
											4	42
											X	43
											2	44
											X	45
											2	46
											X	47
											1	48
											X	

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>1.00</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Mala</b>

**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 02</b>	
Progresiva: 0 + 400 al 0 + 800.	
Fecha: 22-01-20	
Tesista:	Wilder A. Anaya Chávez.
Carril / Huella	Izquierdo / 42
25	Posicion Inicial del puntero
20	Posicion Final del puntero
6	Espesor de pastilla (mm)

F.C. =	2.400
D =	172.57 mm
<b>RUGOSIDAD</b> =	0.593 + 0.0471 * D
=	<b>8.72 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
21	27	36	27	36	29	38	25	36	26	1
37	29	32	30	27	38	35	25	24	20	2
28	35	29	30	29	29	36	29	35	30	3
35	31	33	30	37	43	32	31	27	32	4
28	31	36	35	28	37	35	18	32	29	5
12	35	41	25	29	27	39	30	28	34	6
34	25	33	21	28	31	26	34	30	30	7
34	25	31	35	32	29	33	28	32	36	8
28	34	33	25	24	31	33	33	29	37	9
25	31	35	34	20	27	44	36	41	36	10
34	36	50	25	33	32	41	34	26	30	11
33	31	27	32	29	28	30	30	27	30	12
31	30	26	27	32	33	27	30	27	25	13
35	30	30	29	32	30	31	33	26	30	14
23	32	34	33	36	37	29	29	35	33	15
32	30	32	31	24	35	27	24	25	33	16
45	41	35	37	32	34	32	25	35	36	17
25	32	27	31	32	32	34	24	38	33	18
25	31	26	24	33	44	22	24	29	31	19
28	30	27	26	31	30	30	31	29	29	20

**Frecuencia de Desviaciones**

																							1	
																							2	
																							3	
																							4	
																							5	
																							6	
																							7	
																							8	
																							9	
																							10	
																							11	
																							12	
																				1	X		13	
																							14	
																							15	
																							16	
																							17	
																						1	X	18
																							19	
																							20	
																					2	X	X	21
																							22	
																						1	X	23
																							24	
																							25	
																							26	
																							27	
																							28	
																							29	
																							30	
																							31	
																							32	
																							33	
																							34	
																							35	
																							36	
																							37	
																							38	
																							39	
																							40	
																							41	
																							42	
																							43	
																							44	
																							45	
																							46	
																							47	
																							48	

**PSI para un IRI <12**  
**Transitabilidad**

**1.02**  
**Mala**



### INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

<b>Tramo 03</b>	
Progresiva: 0 + 800 al 1 + 200.	
Fecha: 22-01-20	
Tesista:	Wilder A. Anaya Chávez.
Carril / Huella	Derecho / 12
25	Posicion Inicial del puntero
20	Posicion Final del puntero
6	Espesor de pastilla (mm)

F.C.	= 2.400
D	= 188.00 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	= $0.593 + 0.0471 * D$
	= <b>9.45 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
22	23	37	36	28	30	25	29	26	32	33	1
32	29	30	28	18	35	28	32	32	33	2	
34	29	37	25	39	30	26	25	33	32	3	
33	31	33	38	37	36	29	37	41	18	4	
30	27	35	28	19	17	38	36	31	37	5	
45	38	34	30	31	50	40	37	29	31	6	
26	39	39	31	32	32	29	31	30	34	7	
32	28	32	31	28	31	34	29	32	32	8	
30	39	34	32	37	33	31	30	31	26	9	
35	35	23	43	30	37	37	39	31	30	10	
42	27	25	39	35	37	31	31	20	35	11	
26	29	31	33	35	31	34	43	34	24	12	
37	35	17	30	34	29	34	31	34	36	13	
28	36	27	36	32	29	32	32	31	33	14	
34	34	36	36	32	44	31	24	28	26	15	
35	33	36	36	32	30	38	30	35	37	16	
31	31	30	31	34	34	29	29	39	41	17	
30	35	31	33	32	29	39	29	35	31	18	
38	32	35	36	30	28	32	33	32	31	19	
34	40	42	38	32	27	33	35	28	24	20	

### Frecuencia de Desviaciones

												1
												2
												3
												4
												5
												6
												7
												8
												9
												10
												11
												12
												13
												14
												15
											2	16
											2	17
										1	1	18
										1	1	19
												20
												21
										1	1	22
										2	1	23
										3	1	24
										4	1	25
									6	1	1	26
										4	1	27
								10	1	1	1	28
						14	1	1	1	1	1	29
						16	1	1	1	1	1	30
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32
									11	1	1	33
										15	1	34
										14	1	35
											11	36
											12	37
												38
										6	1	39
									8	1	1	40
											2	41
											2	42
											2	43
												44
											1	45
											1	46
												47
												48

**PSI para un IRI <12**  
**Transitabilidad**

**0.90**  
**Muy Mala**



INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

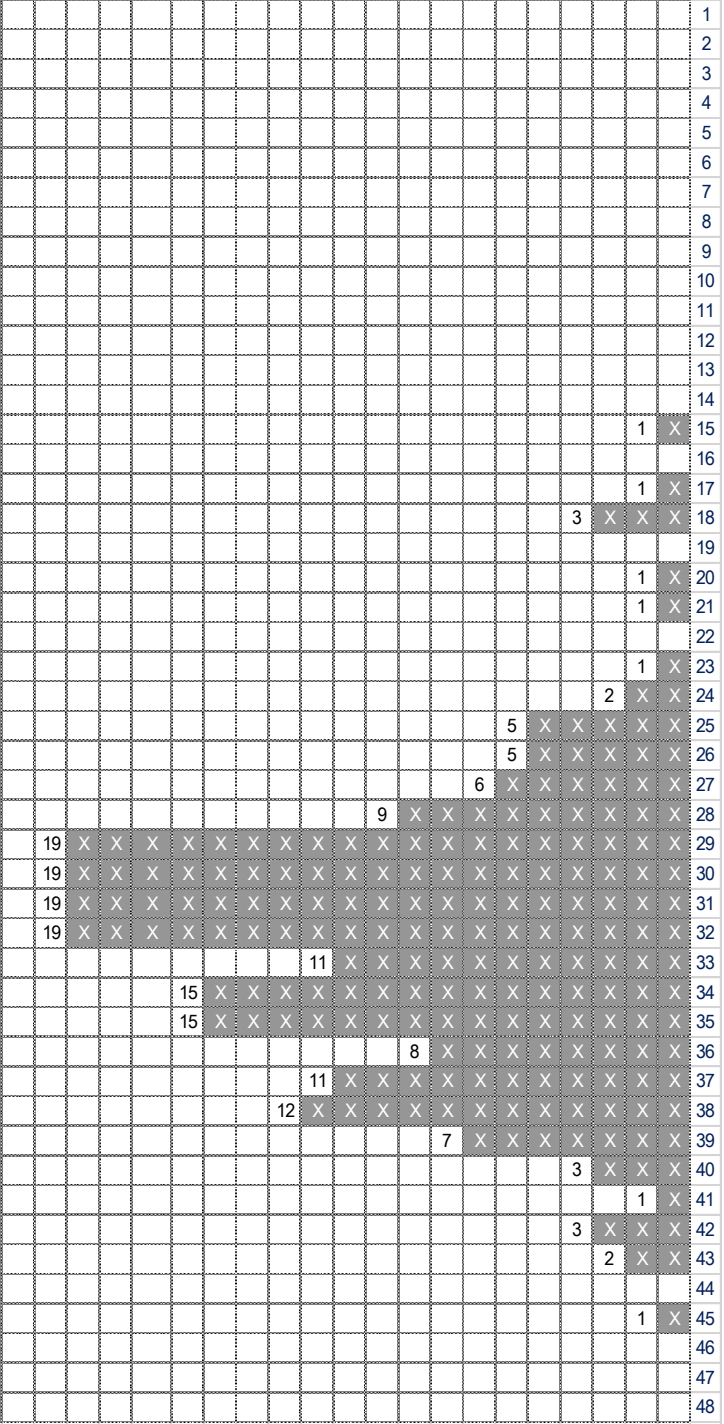
Tramo 03  
Progresiva: 0 + 800 al 1 + 200.  
Fecha: 22-01-20  
Tesisista: Wilder A. Anaya Chávez.  
Carril / Huella: Derecho / 21  
25 Posicion Inicial del puntero  
20 Posicion Final del puntero  
6 Espesor de pastilla (mm)

F.C. = 2.400  
D = 180.00 mm  
RUGOSIDAD =  $0.593 + 0.0471 * D$   
= 9.07 IRI

OBSERVACIONES :  
La ecuación empleada para la obtención del Indice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28	29	35	30	27	32	37	43	40	30	1
30	32	33	32	28	30	36	35	32	38	2
30	35	29	39	29	32	33	31	35	27	3
38	39	29	29	34	34	31	30	27	31	4
37	34	30	38	30	32	37	36	39	29	5
25	28	24	31	40	32	36	36	34	35	6
33	31	32	32	29	38	36	27	35	28	7
35	34	31	34	29	34	30	17	35	42	8
24	33	42	34	30	33	33	31	30	26	9
35	30	31	31	37	37	39	25	27	42	10
30	31	45	37	38	32	43	23	34	35	11
26	31	29	31	33	38	32	34	35	34	12
31	32	29	34	31	28	31	32	29	32	13
33	30	38	29	32	32	31	36	39	26	14
25	28	37	34	40	31	29	34	38	37	15
37	31	36	38	20	18	28	35	15	28	16
29	41	38	29	36	38	38	33	30	33	17
32	32	25	26	30	39	25	37	29	34	18
35	31	32	30	35	18	29	30	29	33	19
39	27	29	26	30	28	35	37	18	21	20

Frecuencia de Desviaciones



PSI para un IRI <12      0.96  
Transitabilidad      **Muy Mala**

### INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

<b>Tramo 03</b>	
<b>Progresiva: 0 + 800 al 1 + 200.</b>	
<b>Fecha: 22-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Derecho / 22
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

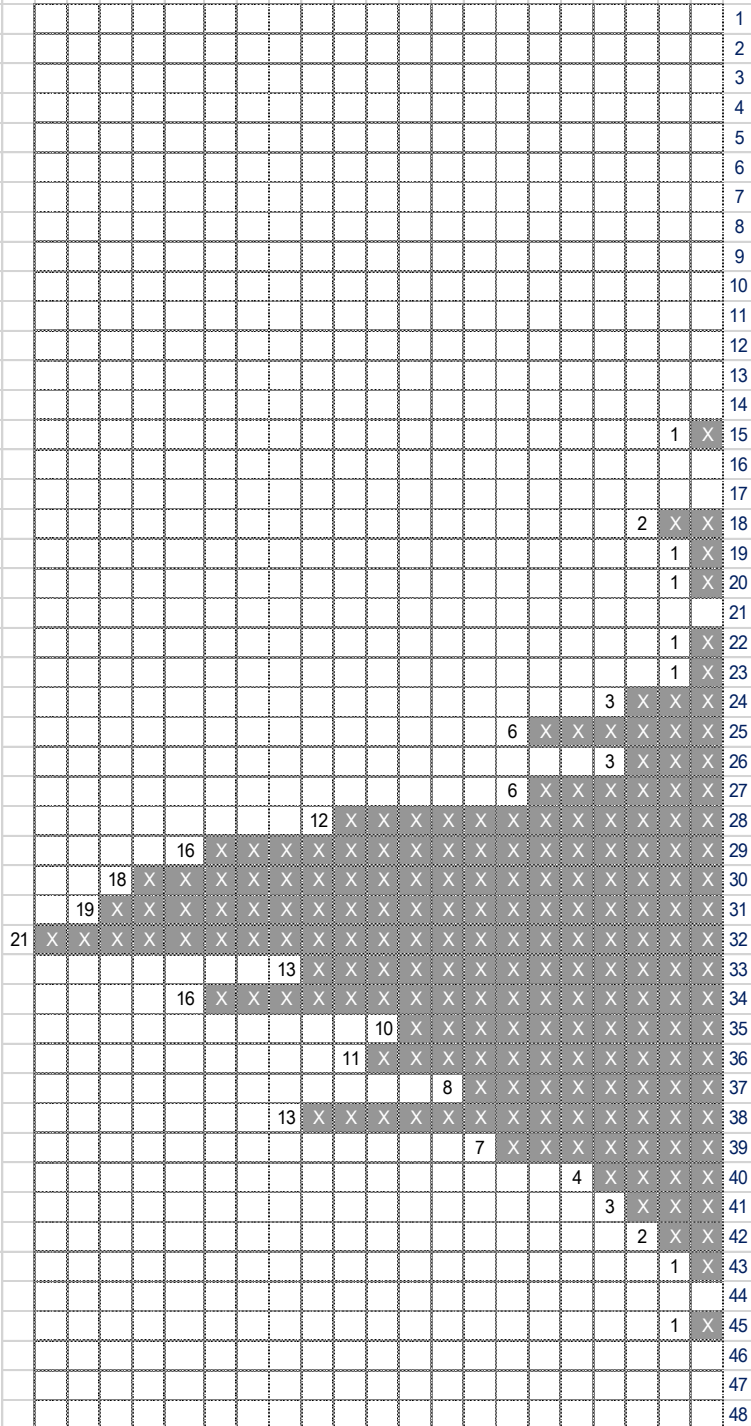
<b>F.C.</b>	= 2.400
<b>D</b>	= 183.00 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	= 0.593 + 0.0471 * D
	= 9.21 IRI

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	18	38	35	28	30	25	29	27	40
2	33	28	30	29	18	36	30	32	31	34
3	34	28	37	25	38	30	26	24	32	32
4	33	31	33	38	38	36	29	37	41	29
5	29	15	35	28	19	20	38	36	31	38
6	37	38	34	29	31	40	34	37	28	25
7	27	39	36	30	32	33	29	38	31	33
8	32	28	32	31	31	31	35	29	32	32
9	34	34	34	32	37	33	31	30	31	25
10	32	34	23	41	32	38	38	45	31	32
11	42	28	25	39	38	37	30	31	30	34
12	26	31	31	33	33	30	34	42	33	24
13	40	35	27	28	34	29	35	31	34	36
14	28	36	27	36	39	29	33	32	32	33
15	34	34	36	36	32	38	31	24	28	25
16	29	39	36	38	32	30	39	30	34	37
17	30	27	30	31	34	35	29	29	40	39
18	27	36	31	33	32	29	39	29	35	30
19	35	32	35	32	33	28	32	30	31	30
20	30	41	43	37	32	28	30	35	29	26

### Frecuencia de Desviaciones



<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>0.94</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Muy Mala</b>

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

Tramo 03
Progresiva: 0 + 800 al 1 + 200.
Fecha: 23-01-20
Tesista: Wilder A. Anaya Chávez.
Carril / Huella Izquierdo / 31
25 Posicion Inicial del puntero
20 Posicion Final del puntero
6 Espesor de pastilla (mm)

F.C. = 2.400
D = 188.00 mm
RUGOSIDAD = 0.593 + 0.0471 \* D = 9.45 IRI

OBSERVACIONES :
La ecuación empleada para la obtención del Indice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Britanico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).

Grid of 10x10 cells containing numerical values, likely representing IRI measurements at different locations.

Frecuencia de Desviaciones

Large grid for deviation frequency analysis with columns 1-10 and rows 1-48. Contains 'x' marks and numbers indicating the frequency of deviations.

PSI para un IRI <12 Transitabilidad 0.90 Muy Mala













# INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

<b>Tramo 04</b>	
<b>Progresiva: 1 + 200 al 1 + 600.</b>	
<b>Fecha: 23-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Derecho / 21
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C.</b>	=	2.400
<b>D</b>	=	237.00 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	=	0.593 + 0.0471 * D
	=	11.76 IRI

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	35	35	30	32	30	32	31	33	29	36	1
2	33	30	37	30	34	35	28	38	31	29	2
3	35	28	31	30	19	23	29	26	32	32	3
4	37	26	33	24	28	26	31	32	42	31	4
5	29	25	30	31	43	27	43	43	27	22	5
6	30	22	48	31	29	16	25	23	33	34	6
7	24	24	30	28	24	29	27	19	37	23	7
8	45	37	27	31	38	24	26	24	38	32	8
9	32	27	31	27	24	31	32	30	37	25	9
10	25	39	41	36	35	26	30	32	33	26	10
11	39	34	32	29	27	31	28	34	29	27	11
12	24	33	42	31	33	32	30	30	24	30	12
13	30	22	25	30	27	29	33	28	34	27	13
14	30	29	34	27	32	28	29	29	24	33	14
15	30	36	30	33	30	31	27	34	30	25	15
16	41	32	38	37	37	45	41	23	42	37	16
17	25	18	24	30	36	28	32	28	33	40	17
18	15	27	32	32	24	29	36	22	24	31	18
19	14	42	25	30	39	36	24	31	19	38	19
20	28	18	24	28	29	32	34	38	29	17	20

## Frecuencia de Desviaciones

																					1	
																						2
																						3
																						4
																						5
																						6
																						7
																						8
																						9
																						10
																						11
																						12
																						13
																						14
																						15
																						16
																						17
																						18
																						19
																						20
																						21
																						22
																						23
																						24
																						25
																						26
																						27
																						28
																						29
22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	30
																						31
																						32
																						33
																						34
																						35
																						36
																						37
																						38
																						39
																						40
																						41
																						42
																						43
																						44
																						45
																						46
																						47
																						48

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>0.59</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Muy Mala</b>



**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 04</b>	
Progresiva: 1 + 200 al 1 + 600.	
Fecha: 23-01-20	
Tesista:	Wilder A. Anaya Chávez.
Carril / Huella	Izquierdo / 31
25	Posicion Inicial del puntero
20	Posicion Final del puntero
6	Espesor de pastilla (mm)

F.C.	=	2.400
D	=	241.20 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	=	0.593 + 0.0471 * D
	=	<b>11.95 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	35	42	36	21	34	25	44	28	28	1
37	29	29	24	33	34	31	33	33	35	2
35	30	32	33	45	32	29	42	32	28	3
31	26	28	30	32	25	36	22	36	35	4
34	35	25	37	28	32	30	38	29	37	5
30	27	26	27	25	34	23	24	23	31	6
41	35	31	33	27	31	32	33	37	31	7
35	30	38	38	31	37	35	33	32	32	8
28	35	26	33	30	38	31	36	30	28	9
32	31	46	44	5	50	25	41	41	12	10
33	37	28	18	39	18	39	28	22	34	11
31	27	29	28	32	32	31	30	33	29	12
31	37	35	36	36	39	43	35	30	12	13
14	48	37	41	34	29	29	27	32	40	14
27	28	29	37	31	30	25	28	29	28	15
31	25	38	38	32	29	34	29	50	37	16
27	37	43	30	43	44	30	30	28	29	17
35	32	32	33	31	37	40	33	32	35	18
31	33	30	35	28	32	29	34	36	30	19
29	37	35	37	30	47	43	43	29	48	20

**Frecuencia de Desviaciones**

										1										
										2										
										3										
										4										
									1	X										
										6										
										7										
										8										
										9										
										10										
										11										
									2	X	X									
										13										
									1	X										
										15										
										16										
										17										
										18										
									2	X	X									
										19										
										20										
										21										
									1	X										
										22										
									2	X	X									
										23										
									2	X	X									
										24										
									2	X	X									
								7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

PSI para un IRI <12 **0.57**  
 Transitabilidad **Muy Mala**

**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 04</b>	
<b>Progresiva: 1 + 200 al 1 + 600.</b>	
<b>Fecha: 23-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Izquierdo / 32
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C. =</b>	2.400
<b>D =</b>	235.20 mm
<b>RUGOSIDAD =</b>	$0.593 + 0.0471 * D$
<b>=</b>	<b>11.67 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
47	29	43	43	47	31	37	35	36	29	1
30	36	34	29	32	28	35	30	33	31	2
35	32	34	40	37	31	33	32	32	35	3
29	28	30	30	44	40	30	43	37	27	4
38	50	29	34	29	33	38	38	25	25	5
28	28	28	25	30	31	38	29	28	27	6
39	32	27	29	30	34	41	37	47	14	7
12	30	35	43	39	36	36	35	37	31	8
29	33	30	30	32	32	28	29	27	31	9
35	22	28	39	19	39	18	29	37	33	10
12	41	41	25	43	6	44	46	31	32	11
28	31	36	31	39	30	33	26	36	28	12
33	32	25	35	37	31	38	31	30	35	13
31	35	33	32	31	33	33	31	38	41	14
31	23	24	23	34	25	27	26	27	30	15
37	39	38	30	32	28	37	25	35	34	16
45	36	22	35	25	32	30	27	26	31	17
28	32	42	29	32	45	33	32	30	34	18
33	33	30	31	34	28	24	29	29	37	19
28	28	41	25	34	24	36	42	35	31	20

**Frecuencia de Desviaciones**

										1								
										2								
										3								
										4								
										5								
									1	X	6							
											7							
											8							
											9							
											10							
										2	X	X	12					
													13					
										1	X		14					
													15					
													16					
										1	X		18					
										1	X		19					
													20					
													21					
											2	X	X	22				
											2	X	X	23				
														24				
									9	X	X	X	X	X	25			
											3	X	X	X	26			
											7	X	X	X	X	27		
							15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	28	
							14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	29
				17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	30
				18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	31
								15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	32
																		33
										13	X	X	X	X	X	X	X	34
													9	X	X	X	X	35
																		36
											13	X	X	X	X	X	X	37
														8	X	X	X	38
																		39
																		40
																		41
																		42
																		43
																		44
																		45
																		46
																		47
																		48

**PSI para un IRI <12**

**Transitabilidad**

**0.60**

**Muy Mala**





## INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

<b>Tramo 05</b>	
<b>Progresiva: 1 + 600 al 2 + 000.</b>	
<b>Fecha: 23-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella:</b>	Derecho / 11
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C.</b> =	2.400
<b>D</b> =	168.00 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	= 0.593 + 0.0471 * D
	= 8.51 IRI

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Indice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	31	2	40	24	35	30	30	24	28	1	
27	40	31	29	29	23	30	32	39	33	2	
35	30	29	24	26	30	28	24	22	31	3	
27	29	28	31	27	28	33	50	32	29	4	
33	29	31	28	31	34	29	31	24	28	5	
29	42	34	30	30	29	36	33	33	33	6	
32	29	12	14	32	38	36	32	34	32	7	
29	31	37	34	35	26	34	37	38	24	8	
30	32	31	26	50	29	32	25	31	28	9	
32	33	31	28	30	16	1	34	22	33	10	
31	36	32	33	38	29	30	29	31	30	11	
29	32	29	30	31	31	31	30	34	34	12	
28	34	35	41	30	33	29	32	31	31	13	
25	27	28	27	30	29	27	28	29	27	14	
28	30	33	31	32	29	29	34	34	31	15	
21	30	29	35	27	34	30	36	29	30	16	
36	29	35	27	37	33	32	31	31	30	17	
31	29	33	29	28	24	34	50	33	38	18	
33	28	41	29	31	33	17	30	29	35	19	
29	32	31	32	27	28	31	29	36	25	20	

### Frecuencia de Desviaciones

												1	X	1
												1	X	2
														3
														4
														5
														6
														7
														8
														9
														10
												1	X	11
												1	X	12
												1	X	13
												1	X	14
														15
												1	X	16
												1	X	17
														18
														19
														20
												1	X	21
												2	X	22
												1	X	23
									7	X	X	X	X	24
												3	X	25
												3	X	26
									10	X	X	X	X	27
														28
					15	X	X	X	X	X	X	X	X	29
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	30
22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	31
26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	32
														33
														34
														35
														36
														37
														38
														39
														40
														41
														42
														43
														44
														45
														46
														47
														48

<b>PSI para un IRI &lt; 12</b>	<b>1.06</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Mala</b>

**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 05</b>	
<b>Progresiva: 1 + 600 al 2 + 000.</b>	
<b>Fecha: 23-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Derecho / 12
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

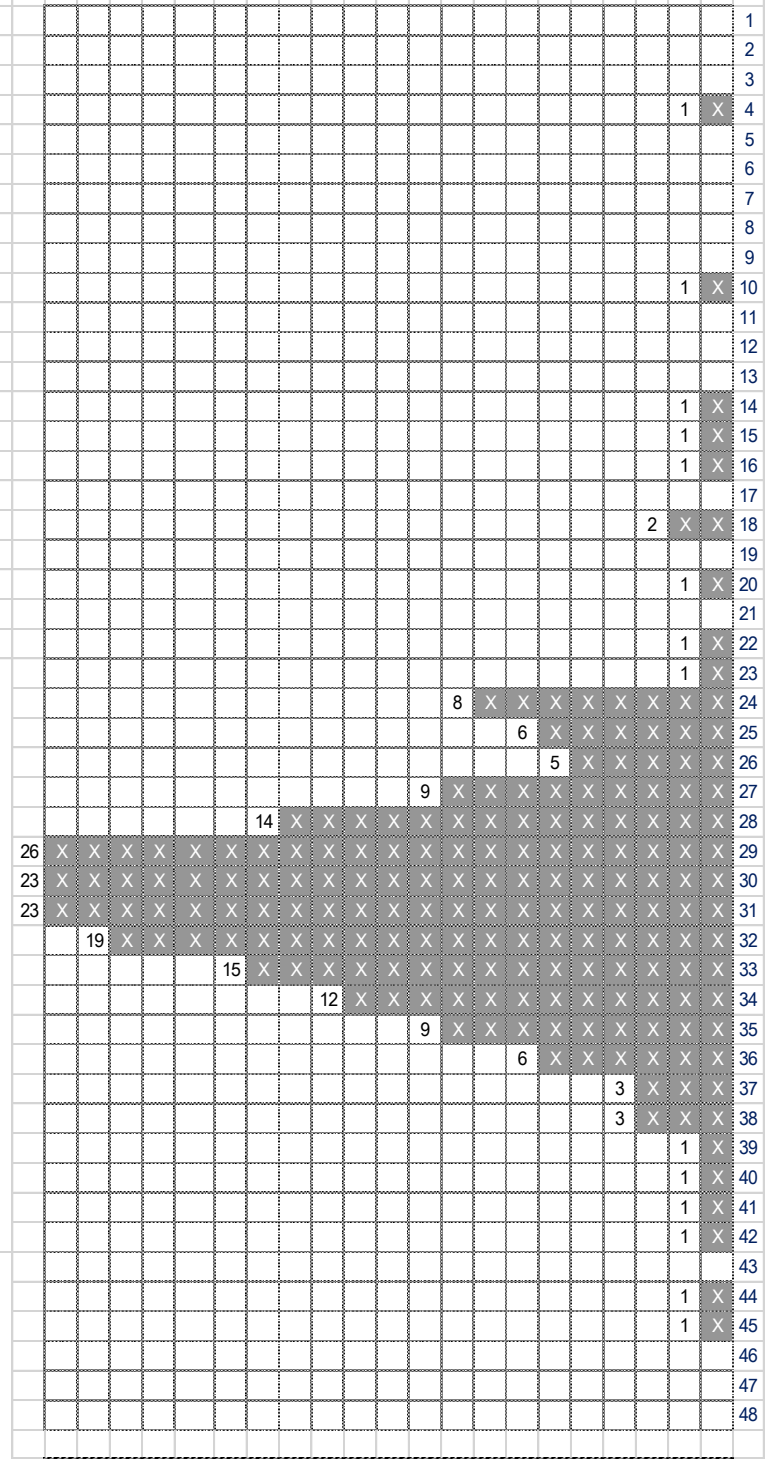
<b>F.C. =</b>	2.400
<b>D =</b>	164.00 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	= 0.593 + 0.0471 * D
	= <b>8.32 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Indice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Britanico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	36	30	31	28	26	32	31	33	29	1
2	32	29	30	18	33	31	30	41	28	32	2
3	38	33	50	34	23	28	29	33	29	31	3
4	30	31	31	32	33	37	27	35	29	36	4
5	28	29	36	29	34	27	35	30	30	18	5
6	31	34	34	29	29	32	31	33	30	28	6
7	25	29	28	27	30	30	27	29	27	25	7
8	31	35	32	29	24	30	45	33	34	28	8
9	33	34	30	27	31	31	30	26	32	29	9
10	30	31	29	30	29	38	33	32	36	31	10
11	32	24	34	15	16	30	28	31	33	32	11
12	29	31	25	32	29	50	26	31	32	30	12
13	24	38	37	34	26	35	34	37	31	33	13
14	33	34	32	36	35	32	14	10	29	32	14
15	24	35	33	36	29	30	30	34	42	29	15
16	28	24	31	29	34	32	28	31	29	33	16
17	25	32	50	33	28	27	31	28	29	27	17
18	31	22	24	28	30	26	24	29	30	35	18
19	35	39	32	30	20	29	29	32	40	27	19
20	28	25	30	30	35	24	44	4	31	31	20

**Frecuencia de Desviaciones**



<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>1.10</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Mala</b>



## INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

<b>Tramo 05</b>	
Progresiva: 1 + 600 al 2 + 000.	
Fecha: 23-01-20	
Tesista:	Wilder A. Anaya Chávez.
Carril / Huella	Derecho / 21
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

F.C. =	2.400
D =	173.60 mm
<b>RUGOSIDAD</b> =	0.593 + 0.0471 * D
=	<b>8.77 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	23	30	18	40	24	33	30	28	24	25	1
	24	35	31	29	29	25	30	32	36	25	2
	35	30	29	24	26	30	25	24	22	42	3
	28	30	28	33	27	30	33	31	32	33	4
	26	29	31	28	23	34	29	15	24	28	5
	35	33	34	30	32	29	36	31	33	30	6
	33	29	26	25	35	37	32	32	30	33	7
	30	31	37	34	35	26	34	37	38	24	8
	30	32	30	26	46	29	32	26	33	28	9
	25	35	39	28	30	16	33	34	22	33	10
	33	36	32	33	30	29	31	29	30	30	11
	28	32	29	32	22	32	23	25	34	34	12
	28	29	35	41	30	24	29	21	31	33	13
	25	27	28	27	30	29	27	28	29	27	14
	28	35	33	31	33	29	29	30	34	25	15
	19	30	30	35	27	33	30	35	29	36	16
	36	29	35	27	37	33	32	31	31	30	17
	29	29	36	29	28	39	34	47	33	34	18
	32	28	38	29	31	35	21	28	29	37	19
	33	32	31	33	27	28	33	29	36	36	20

## Frecuencia de Desviaciones

													1
													2
													3
													4
													5
													6
													7
													8
													9
													10
													11
													12
													13
													14
												1	15
												1	16
													17
												1	18
												1	19
													20
												2	21
												3	22
												3	23
								8	x	x	x	x	24
								9	x	x	x	x	25
										6	x	x	26
										8	x	x	27
										16	x	x	28
25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	29
24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	30
													31
									12	x	x	x	32
22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	33
													34
										10	x	x	35
													36
													37
													38
													39
													40
													41
													42
													43
													44
													45
													46
												1	47
												1	48

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>1.02</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Mala</b>

## INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

<b>Tramo 05</b>	
<b>Progresiva:</b> 1 + 600 al 2 + 000.	
<b>Fecha:</b> 23-01-20	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Derecho / 22
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C.</b> = 2.400	
<b>D</b> = 171.20 mm	
<b>RUGOSIDAD</b> =	0.593 + 0.0471 * D
=	8.66 IRI

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
35	36	30	33	28	27	34	31	32	33	1	
37	30	28	21	35	30	29	38	28	33	2	
34	33	47	34	40	28	30	36	29	30	3	
30	31	31	32	33	37	27	35	29	36	4	
36	28	35	27	33	27	35	26	28	19	5	
25	34	29	29	29	33	31	33	35	28	6	
27	29	28	27	29	29	27	28	27	25	7	
33	31	20	29	24	31	41	35	29	28	8	
35	34	25	23	32	21	32	30	32	28	9	
30	31	29	31	29	31	33	32	36	32	10	
33	22	34	33	16	30	28	39	35	25	11	
27	33	26	32	30	46	26	30	32	31	12	
24	37	36	34	26	35	33	37	31	30	13	
34	30	32	32	37	35	26	26	28	33	14	
30	33	31	36	29	32	30	34	33	35	15	
28	26	15	29	34	24	28	31	29	25	16	
33	31	31	33	30	28	33	28	25	28	17	
43	22	24	25	31	26	24	29	30	34	18	
25	36	32	31	25	29	29	30	35	31	19	
25	23	28	30	36	24	40	19	30	23	20	

**Frecuencia de Desviaciones**

										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8
										9
										10
										11
										12
										13
										14
										15
										16
										17
										18
										19
										20
										21
										22
										23
										24
										25
										26
										27
										28
										29
										30
										31
										32
										33
										34
										35
										36
										37
										38
										39
										40
										41
										42
										43
										44
										45
										46
										47
										48

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>1.04</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Mala</b>





**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 05</b>	
Progresiva: 1 + 600 al 2 + 000.	
Fecha: 23-01-20	
Tesista:	Wilder A. Anaya Chávez.
Carril / Huella	Izquierdo / 41
25	Posicion Inicial del puntero
20	Posicion Final del puntero
6	Espesor de pastilla (mm)

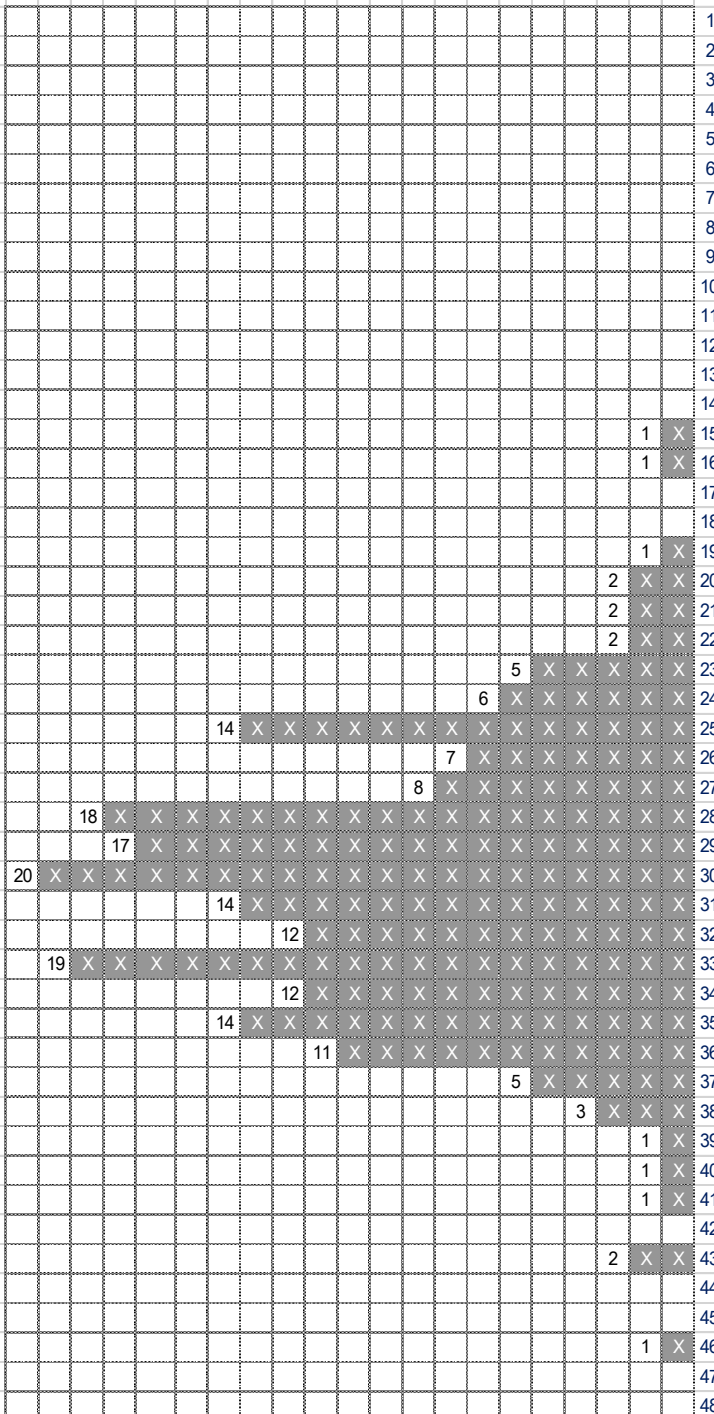
F.C. =	2.400
D =	175.20 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	= 0.593 + 0.0471 * D
	= <b>8.84 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Indice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Britanico de Transportes (TRRL), válida para el rango 2.4 < IRI < 15.9 (40 < D < 312).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	28	26	33	28	33	28	35	25	35	1	
25	35	39	29	30	16	33	34	22	30	2	
19	29	35	41	31	27	29	20	31	34	3	
22	30	30	28	24	35	30	15	27	25	4	
24	30	21	26	24	36	30	29	23	26	5	
35	28	38	33	35	27	34	36	37	25	6	
37	30	35	27	37	33	32	30	35	26	7	
28	32	31	32	26	33	24	25	34	31	8	
34	33	38	29	30	38	21	28	30	27	9	
31	25	30	23	46	30	32	27	36	27	10	
35	37	29	25	26	33	25	24	23	43	11	
28	34	33	31	33	29	30	29	34	25	12	
29	25	28	33	30	30	33	28	31	36	13	
30	28	35	30	28	33	34	43	33	34	14	
33	36	36	29	29	25	31	32	37	25	15	
32	28	29	20	35	33	32	32	31	36	16	
25	24	28	27	29	23	34	28	29	30	17	
35	40	32	36	32	29	36	31	32	33	18	
26	34	31	34	25	28	35	23	36	33	19	
28	36	32	33	31	29	31	29	31	28	20	

**Frecuencia de Desviaciones**



<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>1.00</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Mala</b>















































**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 08</b>	
<b>Progresiva: 2 + 800 al 3 + 200.</b>	
<b>Fecha: 24-01-20</b>	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Derecho / 22
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C. =</b>	2.400
<b>D =</b>	230.40 mm
<b>RUGOSIDAD</b>	= 0.593 + 0.0471 * D
	= <b>11.44 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	29	34	29	37	37	43	42	37	36	1	
32	28	31	36	33	36	24	30	35	30	2	
37	31	33	33	32	35	33	26	33	32	3	
43	43	29	29	37	28	30	30	31	43	4	
29	32	37	47	32	31	29	34	39	38	5	
29	31	28	29	28	27	26	24	37	29	6	
29	34	41	32	39	14	27	29	42	37	7	
39	36	12	30	37	31	35	41	35	35	8	
32	32	29	33	28	31	30	31	28	29	9	
15	40	24	22	37	35	18	39	15	29	10	
48	8	11	41	31	32	40	25	44	40	11	
38	30	28	30	35	30	36	31	33	26	12	
37	31	32	33	33	35	33	35	37	38	13	
31	29	29	38	35	48	33	32	33	31	14	
35	46	27	24	27	31	24	25	26	26	15	
32	28	37	38	35	34	38	30	37	36	16	
26	32	35	36	26	32	22	36	30	28	17	
32	43	32	32	31	35	42	28	32	32	18	
34	33	34	33	29	36	33	30	26	30	19	
33	23	28	28	35	33	44	26	36	35	20	

**Frecuencia de Desviaciones**

											1
											2
											3
											4
											5
											6
											7
										1	8
											9
										1	10
										1	11
										1	12
											13
										1	14
										2	15
											16
										1	17
											18
										1	19
											20
											21
										2	22
										1	23
										5	24
										2	25
										9	26
										4	27
										12	28
										17	29
										14	30
										15	31
										19	32
										17	33
										6	34
										16	35
										10	36
										14	37
										6	38
										4	39
										3	40
										3	41
										3	42
										5	43
										2	44
										1	45
										1	46
										2	47
										2	48

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>0.62</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Muy Mala</b>

**INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)**

<b>Tramo 08</b>	
Progresiva: 2 + 800 al 3 + 200.	
Fecha: 25-01-20	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Izquierdo / 31
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

<b>F.C. =</b>	2.400
<b>D =</b>	215.00 mm
<b>RUGOSIDAD =</b>	0.593 + 0.0471 * D
	<b>10.72 IRI</b>

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Indice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	42	31	30	37	32	36	31	28	32	30	1
2	29	35	44	38	36	30	36	35	35	25	2
3	37	37	29	26	30	34	32	33	37	33	3
4	25	37	43	43	28	29	28	30	43	30	4
5	31	29	31	32	25	25	50	33	38	29	5
6	25	30	32	28	27	28	30	37	35	31	6
7	29	30	33	39	14	42	32	41	37	27	7
8	42	38	35	36	30	38	31	36	32	35	8
9	31	32	32	27	31	29	33	28	29	30	9
10	42	34	39	44	35	24	22	15	28	18	10
11	25	46	27	31	32	31	41	37	39	32	11
12	31	38	30	29	30	28	31	35	26	36	12
13	33	37	31	33	28	32	41	38	39	33	13
14	22	31	35	34	48	26	37	32	32	37	14
15	25	34	39	27	31	27	32	33	35	24	15
16	32	32	28	35	34	32	38	37	36	38	16
17	36	26	32	26	37	33	37	33	28	34	17
18	27	32	47	31	29	31	32	33	32	42	18
19	38	34	22	35	35	36	28	24	29	27	19
20	24	34	23	30	26	33	35	33	42	38	20

**Frecuencia de Desviaciones**

											1
											2
											3
											4
											5
											6
											7
											8
											9
											10
											11
											12
											13
										1	X
										1	X
											16
											17
										1	X
											19
											20
											21
										3	X
										1	X
											24
										4	X
											25
										7	X
										6	X
										8	X
											27
											28
										12	X
										11	X
											29
											30
											31
										17	X
											32
											33
										14	X
											34
										8	X
											35
										14	X
											36
										9	X
											37
										14	X
											38
										10	X
											39
										5	X
											40
											41
										3	X
											42
										6	X
											43
										3	X
											44
										2	X
											45
											46
										1	X
											47
										1	X
											48

<b>PSI para un IRI &lt;12</b>	<b>0.71</b>
<b>Transitabilidad</b>	<b>Muy Mala</b>



## INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (m/Km)

<b>Tramo 08</b>	
Progresiva: 2 + 800 al 3 + 200.	
Fecha: 25-01-20	
<b>Tesista:</b>	Wilder A. Anaya Chávez.
<b>Carril / Huella</b>	Izquierdo / 41
25	<b>Posicion Inicial del puntero</b>
20	<b>Posicion Final del puntero</b>
6	<b>Espesor de pastilla (mm)</b>

F.C. = 2.400

D = 174.00 mm

**RUGOSIDAD** =  $0.593 + 0.0471 * D$   
 = **8.79 IRI**

**OBSERVACIONES :**

La ecuación empleada para la obtención del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) corresponde a la desarrollada por el Laboratorio Británico de Transportes (TRRL), válida para el rango  $2.4 < IRI < 15.9$  ( $40 < D < 312$ ).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
40	35	29	29	27	29	30	30	31	35	1	
27	31	28	31	25	22	43	28	33	24	2	
27	33	25	33	30	25	32	27	32	24	3	
34	41	44	36	37	32	34	36	33	25	4	
33	30	31	33	31	27	36	24	24	26	5	
34	32	23	33	33	28	37	35	36	30	6	
30	30	36	29	29	31	31	27	33	33	7	
26	30	31	25	27	27	33	27	32	30	8	
28	31	33	28	32	28	28	27	31	31	9	
38	35	34	30	25	41	32	27	33	34	10	
35	31	24	35	35	36	28	41	20	36	11	
33	34	28	37	25	33	31	29	24	33	12	
30	25	34	36	35	33	29	32	32	28	13	
33	25	34	30	21	25	31	30	28	34	14	
41	34	12	35	25	39	27	28	30	30	15	
37	31	28	29	35	34	37	32	28	18	16	
33	31	35	32	30	32	43	27	37	28	17	
30	35	27	25	30	33	29	35	29	29	18	
32	29	32	15	35	33	38	30	27	25	19	
31	26	21	26	27	38	22	36	36	28	20	

### Frecuencia de Desviaciones

																					1				
																					2				
																					3				
																					4				
																					5				
																					6				
																					7				
																					8				
																					9				
																					10				
																					11				
																		1	x		12				
																					13				
																				1	x	14			
																						15			
																					1	x	16		
																							17		
																						1	x	18	
																						1	x	19	
																						2	x	20	
																						2	x	21	
																						2	x	22	
																							1	x	23
														6	x	x	x	x	x	x	x				24
								13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				25
																4	x	x	x	x					26
								16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			27
								16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			28
														12	x	x	x	x	x	x	x	x			29
									19	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			30
																									31
										17	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			32
														14	x	x	x	x	x	x	x	x			33
																									34
																									35
																									36
																									37
																6	x	x	x	x	x	x			38
																									39
																									40
																									41
																4	x	x	x	x					42
																									43
																						2	x	x	44
																							1	x	45
																									46
																									47
																									48

PSI para un IRI < 12

1.01

Transitabilidad

Mala



**Anexo 03: Matriz de consistencia**

**TITULO: "CONDICIÓN DE TRANSITABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA EL MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL DE LA CARRETERA AN-111 SAN MARCOS – CARHUAYOC KM 0+000 AL KM 5+000, CON EL USO DEL RUGOSIMETRO DE MERLÍN, PROVINCIA HUARI – ANCASH – 2019".**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION DE INDICADORES	METODOLOGIA.
GENERAL	GENERAL	GENERAL					Tipología de la Investigación
¿Cuál es la condición de transitabilidad del pavimento flexible, para el mantenimiento o conservación vial de la Carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc Km 0+000 al Km 5+000, con el uso del rugosímetro de Merlín, provincia Huari - Ancash -2019?	Determinar la condición de transitabilidad del pavimento flexible, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc Km 0+000 al Km 5+000, con el uso del rugosímetro de merlín, provincia Huari - Ancash -2019.	La condición de transitabilidad del pavimento flexible, determinado con el uso del rugosímetro de merlín es mala para la carretera AN-111 San Marcos – Carhuayoc.	VI -Condición de Transitabilidad del Pavimento Flexible	-Condición Funcional del pavimento	-Regularidad Superficial de la Calzada	-Muy buena, Buena,Regular, Mala, Muy Mala	-Tipo: Descriptivo.  -Nivel: Descriptivo.
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	La condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km) , con el uso del rugosímetro de merlín es mala de la carretera AN -111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.			- Rutinario		-Orientacion: Aplicada.
¿Cuál es la condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km) , con el uso del rugosímetro de Merlín, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN -111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000?	Hallar la condición de transitabilidad del pavimento flexible mediante la medición de las unidades IRI (m/km) , con el uso del rugosímetro de merlín, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN -111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.	Las fallas encontradas en el pavimento flexible son del tipo superficial y estructural que permitirán proponer las alternativas de solución, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.	VD -Mantenimiento o conservación vial de la carretera	- Nivel de Mantenimiento o Conservacion de la carretera	- Periódico	-Eficiente, Regular, ineficiente	-Enfoque : Cualitativo.
¿Cuáles son las fallas presentes en el pavimento flexible, para proponer alternativas de solución, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000?	Encontrar las fallas presentes en el pavimento flexible, para proponer alternativas de solución, para el mantenimiento o conservación vial de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.	Las soluciones para el mantenimiento o conservación vial, del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000, son actividades de mantenimiento periódico.			-Rehabilitación		-Diseño:  -No experimental -Transversal. -Prospectivo.
¿Cuál es la solución para el mantenimiento o conservación vial, del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000?	Establecer soluciones para el mantenimiento o conservación vial, del pavimento flexible de la carretera AN-111 San Marcos - Carhuayoc km 0+000 al km 5+000.						