

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**"EVALUACIÓN DE FALLAS DE LA CALZADA, PARA
DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL DISTRITO
DE ITE – PAMPA ALTA – TACNA, 2022"**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. MERY YULY CONDORI GUTIERREZ
Bach. HANS RENAN GUTIERREZ GUTIERREZ**

**TACNA – PERÚ
2023**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DE FALLAS DE LA CALZADA, PARA
DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL DISTRITO
DE ITE – PAMPA ALTA – TACNA 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 24 de marzo de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTA : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIA : Mtra. ELIANA NANCY CHAMBILLA VELO

VOCAL : Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

ASESOR : Mag. ULIANOV FARFAN KEHUARUCHO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Mery Yuly Condori Gutierrez y Hans Renan Gutierrez Gutierrez, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 40844044 y 45457726 respectivamente, así como Ulianov Farfan Kehuarucho con DNI 80456293; declaramos en calidad de autores y asesor que:

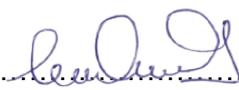
1. Somos los autores de la tesis titulado: *Evaluación de fallas de la calzada, para determinar el nivel de serviciabilidad del distrito de Ite – Pampa Alta – Tacna, 2022*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y a terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 24 de marzo de 2023


.....
Bach. Mery Yuly Condori Gutierrez
DNI: 40844044


.....
Bach. Hans Renan Gutierrez Gutierrez
DNI: 45457726


.....
Mg. Ulianov Farfán Kehuarucho
DNI: 80456293

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, quienes me brindaron su amor y apoyo tanto emocional como financiero siendo ellos mi ejemplo de perseverancia y buenos valores.

A mis hermanas, quienes confiaron en mí, quienes me brindaron comprensión, amor, sabios consejos y ayuda en los momentos difíciles que me dieron el aliento para concluir con mi tesis.

A mi Lia, quien es mi principal motivo para seguir adelante mi hija, por su paciencia, por su amor y por brindarme su tiempo de juegos para la conclusión de mi tesis.

Mery Yuly Condori Gutierrez

DEDICATORIA

A Dios, se lo dedico al forjador de mi camino mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanto de mis continuos tropiezos en mis pasos por la universidad gracias padre celestial.

A mi madre y Lucio, quienes estuvieron siempre conmigo brindándome su apoyo moral incondicional, al igual que apoyo económico, siempre me acompañó en oración gracias mama Lulu, gracias Luchito por todos tus consejos.

A mi esposa e hijos, a ti Milagros que siempre estuviste las 24 horas apoyando a poder llegar a concluir mi tesis, a mis dos queridos hijos Valentina y Gustavo que sin pensarlo me entendieron y apoyaron cuando más necesitaban de mí en sus momentos importantes, este logro es para ustedes.

A mi abuela, a ti querida abuela Paulina siempre me apoyaste con tus oraciones en cada paso que daba para poder culminar mi tesis gracias.

Hans Renan Gutierrez Gutierrez

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada de Tacna por ser guía durante mi vida universitaria, al igual de los profesores, que han sabido compartir sus conocimientos.

A mi asesor el Mag. Ulianov Farfán Kehuarucho por compartir sus conocimientos, paciencia, apoyo y hacer posible el desarrollo de la presente investigación.

A mi Compañero de tesis que sin el apoyo no se hubiera logrado armar la tesis y posteriormente sustentarla.

A mi familia, por ser los principales promotores de este sueño, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A todas las personas, que de alguna manera me apoyaron.

Mery Yuly Condori Gutierrez

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada de Tacna por ser guía durante mi vida universitaria, al igual de los profesores, que han sido pilar fundamental en nuestra etapa de formación universitaria para poder adquirir conocimientos básicos.

A mi asesor el Mag. Ulianov Farfán Kehuarucho por su tiempo y dedicación en la realización fundamental de nuestra tesis.

A mi Compañera de tesis que sin el apoyo no se hubiera logrado armar la tesis y posteriormente sustentarla.

A mi familia, por ser los principales promotores de este sueño, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A todos los amigos, que de alguna manera me apoyaron.

Hans Renan Gutierrez Gutierrez

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	7
1.2.1. Problema general.....	7
1.2.2. Problemas específicos	7
1.3. Justificación e importancia.....	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis.....	8
1.5.1. Hipótesis General.....	8
1.5.2. Hipótesis Específicas	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes de la Investigación	9
2.2. Bases Teóricas.....	11
2.2.1. Pavimento	11
2.2.2. Pavimento Flexible.....	12
2.2.3. Tipos de Fallas En Pavimentos Flexibles.....	12

2.3.	Definición de términos	23
2.3.1.	Mantenimiento Vial.....	23
2.3.2.	Rehabilitación.....	23
2.3.3.	Asfalto	23
2.3.4.	Bacheo	23
2.3.5.	Base	23
2.3.6.	Capa De Rodadura	24
2.3.7.	Mejoramiento	24
2.3.8.	Muestreo	24
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		25
3.1.	Tipo y diseño de la investigación.....	25
3.1.1.	Tipo de investigación	25
3.1.2.	Diseño de la investigación	25
3.1.3.	Nivel de la investigación.....	25
3.2.	Población y muestra de estudio.....	25
3.2.1.	Población	25
3.2.2.	Muestra	25
3.3.	Operacionalización de variables.....	26
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	26
3.4.1.	Técnicas para la recolección de datos	27
3.4.2.	Instrumentos para la recolección de datos.....	27
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	28
3.5.1.	Procedimiento de evaluación de la condición del Pavimento	28
3.5.2.	Trabajo de Campo y Gabinete	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		39
4.1.	Evaluación de las fallas por el “Método del PCI”	39
4.1.1.	Resultado del PCI 1 “Muestra 1”	42
4.1.2.	Resultado del PCI 9 “Muestra 9”	43
4.1.3.	Resultado del PCI 17 “Muestra 17”	44

4.1.4.	Resultado del PCI 25 “Muestra 25”	45
4.1.5.	Resultado del PCI 33 “Muestra 33”	46
4.1.6.	Resultado del PCI 41 “Muestra 41”	47
4.1.7.	Resultado del PCI 49 “Muestra 49”	48
4.1.8.	Resultado del PCI 57 “Muestra 57”	49
4.1.9.	Resultado del PCI 65 “Muestra 65”	50
4.1.10.	Resultado del PCI 73 “Muestra 73”	51
4.1.11.	Resultado del PCI 81 “Muestra 81”	52
4.1.12.	Resultado del PCI 89 “Muestra 89”	53
4.1.13.	Resultado del PCI 97 “Muestra 97”	54
4.1.14.	Resultado del PCI 105 “Muestra 105”	55
4.2.	Evaluación de las fallas aplicando el “Método Rugosímetro Merlín”	56
4.2.1.	IRI Unidad de Muestra 1	56
4.2.2.	Unidad de muestra 2	57
4.2.3.	Unidad de muestra 3	58
4.2.4.	Unidad de muestra 4	59
4.2.5.	Unidad de muestra 5	60
4.2.6.	Unidad de muestra 6	61
4.2.7.	Unidad de muestra 7	62
4.2.8.	Unidad de muestra 8	63
4.2.9.	Unidad de muestra 9	64
4.2.10.	Unidad de muestra 10	65
4.2.11.	Unidad de muestra 11	66
4.2.12.	Unidad de muestra 12	67
4.3.	Resultados discernidos del nivel de servicio “serviciabilidad” de la zona de estudio evaluado.	68
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		69
5.1.	Índice de condición de pavimento (PCI)	69
5.1.1.	Unidades de muestreo de área total de estudio.....	69

5.1.2. PCI de las Unidades muestreo y PCI Promedio	72
5.2. Rugosidad del pavimento (IRI)	73
5.3. Resultados obtenidos para determinar la serviciabilidad del pavimento	74
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la Variable Independiente.....	26
Tabla 2. Operacionalización de la Variable Dependiente	26
Tabla 3. Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas.....	30
Tabla 4. Formato para la obtención del CDV.....	33
Tabla 5. Formato de recopilación de datos usado.....	35
Tabla 6. Resultados Obtenidos de VD.....	35
Tabla 7. Resultados del PCI por cada Unidad de Muestra	39
Tabla 8. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 01	42
Tabla 9. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 01	42
Tabla 10. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 09	43
Tabla 11. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 09.....	43
Tabla 12. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 17.	44
Tabla 13. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 17	44
Tabla 14. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 25	45
Tabla 15. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 25	45
Tabla 16. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 33	46
Tabla 17. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 33	46
Tabla 18. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 41	47
Tabla 19. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 41	47
Tabla 20. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 49	48

Tabla 21. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 49	48
Tabla 22. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 57	49
Tabla 23. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 57	49
Tabla 24. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 65	50
Tabla 25. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 65	50
Tabla 26. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 73	51
Tabla 27. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 73	51
Tabla 28. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 81	52
Tabla 29. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 81	52
Tabla 30. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 89	53
Tabla 31. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 89	53
Tabla 32. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 97	54
Tabla 33. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 97	54
Tabla 34. Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 105 ...	55
Tabla 35. Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 105	55
Tabla 36.	56
Tabla 37. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 0+400 al KM 0+800	57
Tabla 38. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 0+800 al KM 1+200	58
Tabla 39. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 1+200 al KM 1+600	59
Tabla 40. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 1+600 al KM 2+000	60
Tabla 41. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 2+000 al KM 2+400	61
Tabla 42. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 2+400 al KM 2+800	62

Tabla 43. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 2+800 al KM 3+200	63
Tabla 44. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 3+200 al KM 3+600	64
Tabla 45. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 3+600 al KM 4+000	65
Tabla 46. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 4+000 al KM 4+400	66
Tabla 47. Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 4+400 al KM 4+800	67
Tabla 48. Definición de la serviciabilidad de acuerdo al IRI.....	68
Tabla 49. Unidades de Muestreo fraccionadas para el tramo 1	69
Tabla 50. Promedio PCI de las 105 muestras	72
Tabla 51. Cuadro Resumen de Resultados de IRI	73
Tabla 52. Cuadro Resumen de Clasificación del IRI en base a su estado de Conservación.....	73
Tabla 53. Cotejo del IRI de acuerdo al PSI.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pérdida de agregado.	3
Figura 2. En la Av. se observa el desprendimiento superficial de la capa de rodadura.	3
Figura 3. Fisura de borde.....	4
Figura 4. En la Av. se observa el desprendimiento en los bordes de la carpeta asfáltica.	4
Figura 5. Fisura por flexión de juntas.....	5
Figura 6. En la Av. se observa el desprendimiento en los bordes de la carpeta asfáltica	5
Figura 7. Fisura por flexión de juntas.....	6
Figura 8. En la Av. se observa el desprendimiento superficial de la capa de rodadura en juntas	6
Figura 9. En la imagen empezamos con el recorrido de la Av. José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.....	28
Figura 10. Se inicia con el muestreo de las fallas encontradas en la Av. José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna	29
Figura 11. Se inicia con el muestreo de las fallas encontradas en la Av. José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna	29
Figura 12. Abaco para el procesamiento de datos del valor deducido por peladuras	36
Figura 13. Formato referencial para la recolección de datos en el método IRI	37
Figura 14. Histograma que muestra nuestras 200 lecturas del Rugosímetro Merlín...	38
Figura 15. Distribución de Frecuencias de la Muestra 01 “IRI”	56
Figura 16. Distribución de Frecuencias de la Muestra 02 “IRI”	57
Figura 18. Distribución de Frecuencias de la Muestra 03 “IRI”	58
Figura 19. Distribución de Frecuencias de la Muestra 04 “IRI”	59
Figura 20. Distribución de Frecuencias de la Muestra 05 “IRI”	60
Figura 21. Distribución de Frecuencias de la Muestra 06 “IRI”	62

Figura 22. Distribución de Frecuencias de la Muestra 07 "IRI"	63
Figura 23. Distribución de Frecuencias de la Muestra 08 "IRI"	64
Figura 24. Distribución de Frecuencias de la Muestra 09 "IRI"	65
Figura 24. Distribución de Frecuencias de la Muestra 10 "IRI"	66
Figura 24. Distribución de Frecuencias de la Muestra 11 "IRI"	67
Figura 24. Distribución de Frecuencias de la Muestra 11 "IRI"	68

RESUMEN

En esta investigación de tesis de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna, la condición del pavimento se determinó mediante el método del PCI (Pavement Condition Index) según el estándar americano ASTM D6433- 16 y el índice de rugosidad calculado por medio del rugosímetro de merlín, dichos métodos fueron contrastados para definir el índice de conservación del pavimento perteneciente a la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna. Utilizando estos métodos de evaluación, se analizó sectorizando en dos tramos del pavimento de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna para la aplicación del PCI. El pavimento flexible del primer tramo de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna, posterior a evaluación según el método de índice de condición de pavimento (PCI) posee un valor cuantificado en 21, denominado como Muy malo. Mediante el rugosímetro merlín se definió la rugosidad del pavimento en la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna, para el carril un IRI Promedio de 6,01 mkm; perteneciente a un estado de conservación calificado como "Muy Malo". Las fallas que predominan en la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna, según la normativa de clasificación de la ASTM D6433, fueron las siguientes patologías: por hundimiento (falla número 4), por parcheo (falla número 11), por huecos (falla número 13), por desprendimiento de agregados (falla número 19), todas encontradas con severidad media y baja a razón del escaso mantenimiento en la presenta vía de estudio, la cual al ser de vital importancia para el distrito de distrito de Ite, Tacna debería presentar mantenimiento constante.

Palabras Clave: pavimento; nivel de servicio; rugosidad; serviciabilidad.

ABSTRACT

In this thesis research on Avenida José de San Martín in the Ite district, Tacna, the condition of the pavement was determined using the PCI (Pavement Condition Index) method according to the American standard ASTM D6433-16 and the roughness index calculated by Using the Merlin roughness meter, these methods were contrasted to define the conservation index of the pavement belonging to José de San Martín Avenue in the Ite district, Tacna. Using these evaluation methods, sectoring was analyzed in two sections of the pavement of José de San Martín Avenue in the Ite district, Tacna for the application of the PCI. The flexible pavement of the first section of José de San Martín Avenue in the Ite district, Tacna, after evaluation according to the pavement condition index (PCI) method, has a quantified value of 21, designated as Very bad. Using the Merlin roughness meter, the roughness of the pavement on Avenida José de San Martín in the Ite district, Tacna, was defined, for the lane an Average IRI of 6,01 mkm; belonging to a state of conservation classified as "Very Bad". The failures that predominate on Avenida José de San Martín in the Ite district, Tacna, according to the classification regulations of ASTM D6433, were the following pathologies: due to subsidence (fault number 4), due to patching (fault number 11), due to holes (fault number 13), due to detachment of aggregates (fault number 19), all found with medium and low severity due to the poor maintenance on the present study road, which being of vital importance for the district of Ite , Tacna should present constant maintenance.

Keywords: pavement; service level; roughness; serviceability.

INTRODUCCIÓN

El pavimento es una morfología compuesta por capas sobrepuestas de materiales transformados, construida sobre el terreno natural, y destinada a distribuir la carga suficiente para facilitar el paso de los vehículos. Estas se aplican a la subrasante de caminos.

Diversos factores como la naturaleza, el diseño, la transportabilidad, la falta de mantenimiento y evaluación constante, pueden afectar la vida útil del pavimento debido a anomalías generadas que acortan la vida útil de una carretera. Es por ello que a efecto de mitigar este enigma es indispensable realizar un estudio exhaustivo del diseño exitoso de un pavimento, teniendo en cuenta las fases de su mantenimiento y reparación periódica. Además, para juzgar correctamente la realización de estos trabajos de mantenimiento, es necesario identificar el estado de la vía y el origen de la patología detectada.

En el presente estudio analizaremos el estado situacional del pavimento en la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna teniendo en cuenta que un estudio de este tipo no cuenta con precedente alguno. Es por eso que la problemática consecuente hizo necesario comenzar a investigar el estado actual de la vía y analizar las soluciones que se pueden aplicar en base a ello.

El principal objetivo de este estudio es la aplicación y comparación de dos métodos de análisis de pavimentos con mayor disponibilidad.

El método del PCI (índice de condición del pavimento); es un método de evaluación del desempeño de un pavimento que se realiza de forma intuitiva, guiado por determinadas variables, para determinar el estado de la vía en función de la gravedad o tipo de patología detectada.

El método IRI (índice de rugosidad del pavimento) evalúa el grado de daño de la carretera basándose en el cálculo de la regularidad y el confort de la calzada, para esto se tasa el desperfecto, de modo que la rugosidad específica se identifica mediante el método del Rugosidad Merlín. De esta forma recabaremos resultados válidos para detallar nuestros cálculos.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema

El Sistema Nacional de Carreteras del Perú se encuentra dividido, jerárquicamente por 3 Redes, La Red Vial Nacional o La Primaria, La Secundaria o La Departamental y la Red Terciaria o Red Vecinal (MTC, 2013).

A pesar de tener una gran cantidad de kilómetros de vías de los 3 tipos mencionados por el MTC, la red vial nacional, la más importante del país, comprende un total de 26 000 km; la cual solo se encuentra pavimentada en un 72 % al año 2019. En cuanto a la red vial departamental solo se tiene pavimentado un 13 % de un total de 27 500 km; mientras que la Red Vial Vecinal solo tiene pavimentado un 5 % de un total de 26 963,8 km (Diario Gestión, 2019).

Según la exministra de Transportes y Comunicaciones María Jara “se planea pavimentar la Red Vial Nacional a un 90 % y la Red Vial Departamental a un 70 % para el año del bicentenario, 2021.” Y según el presidente Martín Vizcarra planea realizar un 100 % de La Red Vial Nacional en 5 años.

El propósito del trabajo es evaluar e identificar las alteraciones en el estado del pavimento que ocurren en las vías la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna, cuya falla puede ser causada por una variedad de factores agravantes como diseño y construcción inadecuados de la vía, tráfico vehicular, falta de mantenimiento, clima, proyectos vecinos, etc.

El estudio evaluó la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna que consta de 4,8 km., donde se presentan a lo largo de la Av. Diferentes fallas del pavimento entre ellos son: Baches en carpetas asfálticas.

Se observa la desintegración de la carpeta asfáltica, llegando a mostrar material granular.

La figura 1 muestra el hallazgo de la falla de “pérdida de agregado” en nuestro tramo de estudio

Figura 1

Pérdida de agregado



La figura 2 muestra la presencia del desprendimiento superficial de la capa de rodadura en la vía de estudio.

Figura 2

En la Av. Se observa el desprendimiento superficial de la capa de rodadura



La figura 3 muestra la presencia de fisura de borde en la vía de estudio.

Figura 3

Fisura de borde



La figura 4 muestra la presencia del desprendimiento de los bordes de la carpeta asfáltica en la vía de estudio.

Figura 4

En la Av. se observa el desprendimiento en los bordes de la carpeta asfáltica



La figura 5 muestra la presencia de fisura por flexión de juntas en la vía de estudio.

Figura 5

Fisura por flexión de juntas



La figura 6 muestra la presencia del desprendimiento de los bordes de la carpeta asfáltica en la vía de estudio.

Figura 6

En la Av. se observa el desprendimiento en los bordes de la carpeta asfáltica



La figura 7 muestra la presencia de flexión de juntas en la vía de estudio.

Figura 7

Fisura por flexión de juntas



La figura 8 muestra la presencia del desprendimiento superficial de la capa de rodadura en juntas en la vía de estudio.

Figura 8

En la Av. se observa el desprendimiento superficial de la capa de rodadura en juntas.



Además, se ve afectada la serviciabilidad del pavimento siendo perjudicados los usuarios en confort y la seguridad que debería brindar un pavimento en buenas condiciones.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo afecta las fallas de la calzada a la serviciabilidad de la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las fallas superficiales que afectan a la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna?
- b. ¿Cuáles son las fallas superficiales que disminuyen la rugosidad de la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna?
- c. ¿Cómo mejorar la serviciabilidad de la carpeta asfáltica en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna?

1.3. Justificación e importancia

Dado que la razón principal del análisis del pavimento flexible es reducir la cantidad de fallas que se presentan en las vías, algunas se pueden visualizar y otros se vuelven visibles cuando el vehículo se mueve a una velocidad promedio.

Existe una importante demanda de infraestructura vial, por lo que debemos hacer los pronósticos y correcciones necesarios al mantener las vías. El objetivo del proyecto es promover el mantenimiento flexible de las aceras y buscar alternativas de solución a los defectos identificados, aumentando así la movilidad, nivel de mantenimiento, seguridad y comodidad de los usuarios de la zona de la región de Puno.

Al mismo tiempo, tiene como objetivo apoyar a los ingenieros viales, especialmente a los implicados en el mantenimiento, en la planificación, ejecución y control de sus trabajos.

Por lo tanto, el análisis superficial de pavimentos flexibles se considera una gran ayuda en la infraestructura vial, convirtiéndose así en parte integral del adecuado mantenimiento de los pavimentos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las fallas superficiales y el nivel de serviciabilidad de la calzada de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Identificar las fallas superficiales de la calzada que afecta el estado de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna
- b. Determinar las fallas superficiales de la calzada que disminuyen la rugosidad del pavimento en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.
- c. Proponer mejoras en la serviciabilidad de la calzada en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Las fallas superficiales de la calzada afectan al grado de serviciabilidad del pavimento de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna calificando como muy malo.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Las fallas superficiales de la calzada de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna presentan piel de cocodrilo y fisuras.
- b. Las fallas superficiales de la calzada que disminuyen la rugosidad en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.
- c. Las propuestas planteadas permiten mejorar la serviciabilidad de la calzada en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel Internacional

Chávez & Peñarreta (2019), realizaron la investigación titulada con “Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento” en la Ciudad de Cuenca. Este estudio fue realizado con el fin de encontrar la correlación entre estos dos índices. Las lecturas del IRI determinaron que la rugosidad de la vía varía desde los 4,8 m/km, clasificándolo como pavimento viejo y deteriorado. El modelo obtenido entre PCI e IRI alcanzó una correlación de -0,79, indicando una relación lineal inversa alta entre éstos, lo que significa que el PCI se encuentra relacionado con la textura del pavimento rígido.

Gutierrez (2018) realizó la investigación titulada "Aplicación del método (Roadroid) para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) mediante smartphone" comparó los resultados del IRI del método tradicional y el software Roadroid. Realizando trabajos en campo en la carretera del tramo 1 de la Red Vial Departamental de Oruro evaluadas de la localidad Sepulturas-Cala Cala para reconocer el estado de la vía y tomar acciones preventivas para otorgar un buen nivel de serviciabilidad. Los resultados obtenidos con el software Roadroid fueron de 3,05 m/km en cada calzada de la vía y con el método tradicional de clase I se obtuvo 3,20 m/km respectivamente. Se realizó un análisis comparativo entre ambos equipos de medición y se evaluó la eficiencia de la aplicación Roadroid para celular.

Putra & Suprato (2018) realizaron la investigación titulada “Assessment of the road based on PCI and IRI” donde realiza una evaluación visual para determinar el índice de condición del pavimento y para determinar el índice de rugosidad internacional usaron la aplicación Roadroid, por lo que indican que la evaluación visual se debe correlacionar con el método de evaluación haciendo el uso de herramientas, mediante los resultados donde el PCI indica que el pavimento evaluado está en una muy buena condición mientras de IRI del Roadroid indica que su condición es media por lo que el PCI e IRI Roadroid tienen una correlación negativa resultando un $r = 0,23$ es decir tiene una relación inversa esto es ocasionado por la evaluación del pavimento en donde el IRI y PCI tienen la misma finalidad de evaluación pero usan métodos diferentes es por ello su relación es por ello que si el valor de PCI aumenta el valor del IRI disminuye.

2.1.2. A nivel Nacional

Según Barrera & Orocollo (2022) realizaron la investigación titulada “Evaluación de patologías superficiales, para definir el nivel de serviciabilidad del pavimento en el Malecón Ribereño - distrito de Moquegua, 2022” realizó un comparativo entre las metodologías PCI e IRI aplicadas en una parte de la vía del Malecón Ribereño. El valor IRI promedio resultó 5,87 m/km, teniendo un estado de conservación “Muy Malo” y mediante el IRI presenta un PSI de 1,68 teniendo un estado de conservación “Muy Malo” de acuerdo a su clasificación.

Lizana (2021) realizó su investigación titulada “Uso del método del pci para la evaluación del pavimento flexible existentes y para posteriormente cuantificar el estado en la vía” tuvo como objetivo final, conocer el estado actual del pavimento asfáltico en la Av. Grau, distrito de Castilla, debido a esto se evaluaron 2800 metros lineales de carretera usando la metodología de evaluación superficial del PCI. Se concluyó que el tramo 1 tiene un PCI promedio de 30,75 (condición pobre), mientras que el tramo 2 cuenta con un PCI promedio de 51,25 (condición regular).

Medina & Mueras (2021) realizaron la investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible, utilizando el método Pavement Condition Index (PCI) en la Avenida Cieneguilla del Distrito de Cieneguilla”, tuvo como objetivo general, aplicar la metodología PCI para determinar el estado de conservación del pavimento flexible y así brindar un adecuado plan de mantenimiento en la avenida Cieneguilla desde el km 0+000 hasta el km 2+400. Finalmente, se concluyó que el estado de conservación de toda la vía es un pavimento regular, al obtener un PCI de 40,45.

2.1.3. A nivel Local

Según Aguirre & Chambilla (2021) realizaron la investigación titulada “Evaluación superficial del pavimento en calle Tarapacá tramo Óvalo Cuzco hasta Avenida Gustavo Pinto, distrito de Tacna – 2021”, se ha determinado la evaluación superficial del pavimento analizando las fallas y la rugosidad en el pavimento flexible para determinar el estado de deterioro en la calle Tarapacá, tramo Óvalo Cuzco – av. Gustavo Pinto apoyándonos de la metodología PCI e IRI. Se concluyó que los resultados obtenidos con respecto a la evaluación superficial mediante el PCI nos dan un estado “REGULAR” y al Rugosímetro de MERLIN nos da un estado “MALO”.

Banegas & Riega (2019) realizaron la investigación titulada “Evaluación de la condición funcional mediante el método del PCI y su estado de rugosidad (Ensayo de

Merlín) de la av. Jorge Basadre Grohmann (l=3,89 km), Tacna 2017”, se determinó la condición funcional del pavimento por el método del PCI (Índice de Condición del Pavimento) con la normativa americana ASTM D6433-16 y con el ensayo del rugosímetro de Merlín. Se concluyó de acuerdo a los resultados de la zona de estudio presenta un nivel de severidad regular, debido al poco mantenimiento que se observa en ambas calzadas. Se debe priorizar su mantenimiento debido a que es una vía importante que rodea, en conjunto a sus similares, la ciudad de Tacna.

Vargas & Limaco (2019) realizaron la investigación titulada “Análisis comparativo de métodos superficiales PCI y VIZIR aplicados sobre el pavimento en la Av. Collpa – tramo Av. Costanera hasta el Óvalo Cuzco de la Ciudad de Tacna – 2018”, tuvo como finalidad realizar el análisis comparativo de métodos PCI y VIZIR para determinar los problemas superficiales correspondiente a las diferentes fallas y deterioros que presenta la infraestructura vial después de su construcción en la Av. Collpa - Tramo Av. Costanera Hasta Ovalo Cuzco De La Ciudad De Tacna. Se concluyó que la condición superficial del pavimento flexible en el método PCI es mejor que la condición superficial obtenida en el método VIZIR, ya que el PCI propone alternativas de solución más variables para las fallas existentes para el mantenimiento de la vía y que serán eficaces.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Pavimento

El pavimento es una estructura multicapa diseñada y construida teniendo en cuenta diversas metodologías, normas y descripciones de materiales adecuados, y se somete a diversos procesos constructivos para obtener una superficie suficientemente rígida y duradera. Necesario para el tráfico de vehículos, según Martínez (2020).

Por otro lado, las funciones de un pavimento de acuerdo a Monsalve, Giraldo, & Gaviria (2012) son lo siguiente:

- a. Debe poder soportar el impacto de las cargas de tráfico.
- b. Debe resistir los elementos de la naturaleza
- c. Debe ser capaz de resistir el desgaste provocado por la acción abrasiva de los neumáticos del vehículo.
- d. Debe ser durable
- e. Debe ser económico

- f. Deberá reducirse en consecuencia el ruido de rodadura en el vehículo que afecta al usuario y al entorno fuera del vehículo que afecta al medio ambiente.
- g. Utilice el color correcto para evitar deslumbramientos y garantizar una adecuada seguridad vial.

2.2.2. Pavimento Flexible

De acuerdo a Martínez (2020), indica que son estructuras que constan de tres capas (pavimento, base y sub base, subrasante) que se estiran y comprimen sobre la subrasante existente y pueden tener subcapas.

La capa superior puede ser de dos tipos: una formada por losas de hormigón separadas por juntas transversales y longitudinales o una losa continua de hormigón armado. La alta rigidez y el alto módulo de elasticidad del hormigón hidráulico hacen que el pavimento rígido funcione dispersando la fuerza generada por la primera capa, por lo que la carga y fuerza que actúa sobre la capa base sean exactamente las mismas que las que constituyen la estructura de los pavimentos flexibles (Martínez, 2020).

Gonzales (2018) menciona que las ventajas de realizar un pavimento flexible, es que, debido a su gran cantidad de asfalto, tiene la propiedad de ser:

- a. Un pavimento impermeable puede prevenir la entrada de factores adversos para evitar daños en sus bases inferiores.
- b. Posee propiedades adherentes y cohesivas que permite formar una estructura unificada. Proporciona resistencia mecánica y resistencia al desgaste.
- c. Como material elástico, es flexible, por lo que cada vez que se le aplica tensión, se espera que se deforme y vuelva a su estado original, siempre que sean cargas para lo cual fue diseñado.

2.2.3. Tipos de Fallas En Pavimentos Flexibles

2.2.3.1. Fisura y grietas.

a. Por fatigamiento

Identificación: Visualmente son una serie de grietas conectadas entre sí, semejante al revestimiento de una pelota de fútbol, se dan en la zona de la calzada con mayor sollicitación de carga (Gonzales, 2018).

Causas: Espesor de capas inadecuado para la carga que se le asignará; subrasante de baja capacidad de soporte; mal diseño de bombeo y/o peralte, por lo que el camino drena mal y termina con una mezcla asfáltica muy dura.

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: La mayoría de las grietas tienen menos de 3 mm de ancho, no hay granos finos de la capa inferior en la superficie y las grietas aún no se han conectado entre sí.
- Nivel medio de deterioro: Las grietas han comenzado a fusionarse, los bordes de las grietas pueden agrietarse en la superficie, no se ven finos en las capas subyacentes.
- Nivel de alto de deterioro: Grietas significativas en los bordes de las grietas, algunas de las cuales pueden estar sueltas y/o desprendidas del paquete estructural; en la superficie proveniente de la base del paquete estructural.

Solución:

- Aplicar sellador o lechada asfáltica en las zonas afectadas.
- Aplicar sellador o lechada asfáltica en toda la calzada.
- Rehacer las capas de pavimentos que se encuentran con este tipo de deterioro.

b. En bloques

Identificación: El pavimento está dividido en bloques rectangulares de diferentes tamaños.

Causas: Pueden ser causadas por mezclas asfálticas muy duras; un espesor de pavimento insuficiente o baja capacidad de carga del suelo (Gonzales, 2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: El ancho de sus fisuras es menor o igual de 3 milímetros y sus grietas tiene un ancho que no se puede determinar, pero se encuentra en buenas condiciones.
- Nivel medio de deterioro: El ancho de sus grietas son superiores a 3milímetros e inferior o igual a 20 milímetros.

- Nivel alto de deterioro: El ancho de las grietas superan los 20 milímetros, rodeadas de un agrietamiento de alto deterioro.

Solución:

- La solución se da por medio de un sello o lechada asfáltica en toda la superficie.
- Solución para deterioro medio: Para el deterioro medio, se realiza el mismo procedimiento que en un deterioro bajo.
- Recarpeteo, realizar la carpeta asfáltica de nuevo, realizando un sello previo en las grietas existentes.

c. De borde

Identificación: Se originan en el borde del pavimento y tienen forma de media luna y pueden tener hasta 600 mm desde el borde de la calzada vía hasta el centro de la misma.

Causa: Esto suele ocurrir cuando la berma no está pavimentada, por lo que el pavimento no tiene el confinamiento requerido, tal como detalla Gonzales (2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Fisuras sin saltaduras en los bordes y sin pérdida de mezcla asfáltica.
- Nivel medio de deterioro: Grietas con algunas saltaduras en los bordes, con pérdida de mezcla asfáltica, bajo el 10% de la longitud del tramo afectado.
- Nivel Alto de deterioro: Notorias y considerables saltaduras en los bordes de las grietas, con pérdida de mezcla asfáltica, sobre el 10% de la longitud del tramo afectado.

Solución:

- Restaurar la berma, colocar material completamente compactado y tratar la superficie, sellar todas las áreas afectadas del pavimento (desgaste bajo a moderado)
- Renovar el pavimento afectado, restaurar los bordes, colocar el sellado y cubrir el pavimento (deterioro severo).

d. Longitudinales

Identificación: Grietas o fisuras que son paralelas al eje de la vía, es decir, se extienden longitudinalmente a la vía. Los lugares más comunes donde se presentan son: En el mismo eje de la vía o en lugares por donde pasan las ruedas de los vehículos.

Causas: Si se presentan en el eje de la vía, se debe a procesos constructivos incorrectos; por mezclas asfálticas muy duras, con cargas constantes en determinados lugares, como ocurre cuando pasan las ruedas de un vehículo; el asentamiento también puede ocurrir con cimientos bajos, cimientos o firmes de carreteras, así como menciona Gonzales (2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Grietas de menos de 3 mm de ancho y cuyo ancho no se puede determinar.
- Nivel medio de deterioro: Las grietas varían en ancho de 3 mm a 20 mm y están rodeadas de grietas menos severas.
- Nivel alto de deterioro: El ancho de las grietas superan los 20 milímetros, o alguna grieta de ancho medio menor a 20 milímetros y rodeada por grietas de medio o alta seriedad.

Solución: Sellar las grietas con un material adecuado. Mezcla asfáltica para baja, media y alta degradación.

e. Transversales

Identificación: Fisuras y grietas que son perpendiculares al eje de la calzada, transversales respecto al camino.

Causas: Mezclas asfálticas muy rígidas, juntas mal realizadas de acuerdo Gonzales (2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Grietas de menos de 3 mm de ancho y cuyo ancho no se puede determinar.
- Nivel medio de deterioro: Las grietas varían en ancho de 3 mm a 20 mm y están rodeadas de grietas menos severas.

- Nivel alto de deterioro: El ancho de la grieta es superior a 20 mm, o algunas grietas tienen menos de 20 mm de ancho y están rodeadas de grietas de gravedad moderada a alta.

Solución:

- La reparación se realizará bajo un proceso de sellado con lechada asfáltica (deterioro bajo y medio)
- Recarpetear con espesor adecuado o en su defecto reconstruir completamente la carpeta (deterioro alto).

f. Reflejadas

Identificación: Fisuras y grietas presentadas en pavimentos de asfalto que están sobre pavimentos de hormigón, estas grietas coinciden entre sí.

Causas: Las grietas se reflejan en el pavimento asfáltico provocadas por el movimiento del pavimento de hormigón subyacente según Gonzales (2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Grietas de menos de 3 mm de ancho y cuyo ancho no se puede determinar.
- Nivel medio de deterioro: Las grietas varían en ancho de 3 mm a 20 mm y están rodeadas de grietas menos severas.
- Nivel alto de deterioro: El ancho de la grieta es superior a 20 mm, o algunas grietas tienen menos de 20 mm de ancho y están rodeadas de grietas de gravedad moderada a alta.

Solución:

- La reparación se realiza durante el proceso de compactación de la lechada asfáltica (desgaste pequeño y moderado).
- Una o más capas deben ser lo suficientemente gruesas para retrasar la aparición de grietas reflectantes. Todas las uniones y grietas de la capa base deben sellarse previamente y repararse las áreas más dañadas.

2.2.3.2. Deterioro superficial:

Gonzales (2018) respecto a la Identificación menciona lo siguiente: estas son áreas de cobertura que han sido reparadas con daños.

Causas: Principalmente es por ser una solución provisoria, no es una solución al problema original. Otra razón puede ser que el parche no sea lo suficientemente fuerte para cumplir con los niveles de tensión requeridos o, en última instancia, debido a una mala construcción del parche, un sellado inadecuado de los cimientos o un diseño deficiente de la mezcla.

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Ascenso o asentamiento del perímetro es de manera casi imperceptible.
- Nivel medio de deterioro: Ascenso o asentamiento del perímetro no supera los 5 mm.
- Nivel alto de deterioro: Ascenso o asentamiento del perímetro supera los 5 mm.

Solución:

- Recubrimiento del área con un sello (deterioro bajo y medio).
- Al realizar reparaciones, si es necesario, retire el parche y la capa inferior (alto grado de desgaste)

a. Baches en carpetas asfálticas

Identificación: Los agujeros redondos normales creados por la mezcla asfáltica se consideran baches y su diámetro máximo debe ser superior a 150 mm.

Causas: El pavimento no es adecuado para la carga requerida y está sujeto a erosión provocada por factores externos como un mal drenaje de agua. También puede deberse a defectos de construcción. Le rociaron líquidos químicos y por último quema de objetos sobre los pavimentos.

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Profundidad del bache menor a 30 milímetros.
- Nivel medio de deterioro: Profundidad del bache entre 30 milímetros y 50 milímetros.
- Nivel alto de deterioro: Profundidad del bache superior a 50 milímetros.

Solución: La zona dañada se limpia hasta la profundidad requerida y se rellena con mezcla asfáltica fría o caliente (desgaste bajo, medio, alto) según Gonzales (2018).

b. Baches en tratamiento superficiales

Identificación: Generalmente es un agujero circular procedente de cizallamiento y, a veces también de lavase, que debe tener un diámetro máximo de más de 150 mm para ser considerado un agujero.

Causas: Estructuralmente, el tratamiento fue insuficiente para alcanzar los niveles requeridos de reclutamiento. Mal sistema de drenaje. Defectos de construcción, derrames de disolventes (como gasolina o aceite) y eventualmente quema de objetos sobre el tratamiento.

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Profundidad del bache apenas imperceptible.
- Nivel medio de deterioro: Profundidad del bache inferior a 20 milímetros o del espesor del tratamiento superficial.
- Nivel alto de deterioro: Profundidad del bache superior a 20 milímetros o del espesor del tratamiento superficial.

Solución: Remover el área dañada hasta la hondura necesaria para la restauración solo del tratamiento, sellando el sector si es intensivo el desperfecto (deterioro bajo, medio y alto) (Gonzales, 2018).

c. Ahuellamiento

Identificación: Caídas longitudinales que se producen donde viajan las ruedas del vehículo.

Causas: Compactación insuficiente de la base y/o mezcla asfáltica. La capacidad de apoyo base es insuficiente. Diseño inadecuado de la mezcla asfáltica, demasiado asfalto o aglutinante demasiado blando, de acuerdo a Gonzales (2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Profundidad del ahuellamiento inferior a 20 milímetros
- Nivel medio de deterioro: Profundidad del ahuellamiento entre 20 milímetros a 40 milímetros.
- Nivel alto de deterioro: Profundidad del ahuellamiento superior a 40 milímetros.

Solución:

- Llene la huella con una mezcla asfáltica espesa (lechada asfáltica) de hasta 1/2 pulgada de tamaño hasta que la pendiente sea uniforme (bajo desgaste).
- Rellenar la base con mezcla asfáltica y luego cubrir todo el camino con una capa de asfalto de al menos 50 mm (desgaste moderado).
- Realizar un frezado de toda la superficie de la capa asfáltica y se reemplaza por otro pavimento que proporcione suficiente capacidad portante para las cargas requeridas (alta degradación).

d. Deformación transversal

Identificación: En particular, las zonas adyacentes a la carretera se caracterizan por una huella que se hunde y una elevación de las zonas vecinas.

Causas: La capacidad de la estructura para soportar los niveles de carga era insuficiente y faltaba adherencia entre la capa base granular y la capa asfáltica. También puede ser causado por exceso de asfalto o mezcla insuficiente, según Gonzales (2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Distancia entre el fondo de la huella y el punto más alto del levantamiento inferior a 20 milímetros.
- Nivel medio de deterioro: Distancia entre en fondo de la huella y el punto más alto del levantamiento desde 20 milímetros a 40 milímetros.
- Nivel alto de deterioro: Distancia entre en fondo de la huella y el punto más alto del levantamiento superior a 40 milímetros.

Solución:

- Rellene la impresión con Cape-Seal hasta que quede al ras de la superficie (desgaste bajo).
- Reparar áreas dañadas y reemplazar capas asfálticas desgastadas (desgaste moderado).
- Reparar áreas dañadas y reemplazar capa y base asfáltica desgastada (desgaste severo).

e. Exudaciones

Gonzales (2018), destaca que en la Identificación: el asfalto está en la superficie y no contiene rellenos. Naturaleza brillante y pegajosa.

Causas: Cantidad insuficiente de mezcla, demasiado asfalto en la mezcla, aglutinante demasiado blando o volumen de huecos insuficiente.

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Un área presenta un color más oscuro que el resto del pavimento.
- Nivel medio de deterioro: La textura de la superficie cambia debido al asfalto en la superficie.
- Nivel alto de deterioro: La zona afectada se torna brillante y los agregados son casi invisibles. Pegajoso a altas temperaturas ambiente.

Solución:

- Sellado de la superficie (deterioro bajo).
- Fresar en frío una capa asfáltica de 10 o 15 mm y sustituirla por una carpeta nueva con mayor porcentaje de huecos en la mezcla. (deterioro medio y alto).

f. Desgaste

Según Gonzales (2018) resalta que la Identificación: Pérdida sustancial de la superficie de la capa de rodadura, dejando expuesto el árido más grueso.

Causas: Utilizar áridos con poca tenacidad y fácil pulido.

Nivel de deterioro: No se establece niveles de deterioro, se realizan estudios sobre la disminución que presenta la firmeza al deslizamiento, coeficiente de fricción.

Solución: se utiliza suficiente relleno para cubrir la superficie con una carpeta de rodadura, cuyo espesor no sea inferior a 50 mm.

g. Pérdida de áridos

Identificación: El mortero asfáltico rezumará, dejando un agregado grueso expuesto y concentrados en las huellas.

Causas: A medida que el mortero asfáltico se desgasta, la adherencia del agregado y el aglutinante se deteriorará. También ocurre por un diseño inadecuado de la mezcla asfáltica: áridos sucios, aglutinante insuficiente o distribución desigual (Gonzales, 2018).

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Hay una ligera pérdida de carga o aglutinante. La profundidad de la impresión es inferior a 20 mm.
- Nivel medio de deterioro: Pérdida de carga y aglutinante, superficie irregular. Pérdida de agregados finos y gruesos. La profundidad de la impresión es igual o superior a 20 milímetros.
- Nivel alto de deterioro: Las pérdidas de áridos y aglomerantes son importantes, dando como resultado una superficie muy rugosa, y las pérdidas de árido grueso son importantes.

Solución

- Colocar un sello o lechada asfáltica para detener el proceso (deterioro bajo).
- Aplicar una nueva capa de rodadura asfáltica de no menos de 50 mm (desgaste moderado).
- Mismos pasos que el desgaste moderado (Deterioro alto).

h. Ondulaciones

Identificación: La deformación en forma de valles longitudinales o crestas en el pavimento generalmente ocurre cuando el pavimento cambia de flexible a rígido en forma de una onda.

Causas: Diseño de mezcla incorrecto, uso de árido redondo, aglomerante blando o dosificación incorrecta. El diseño no es adecuado para zonas de frenado o tramos de carretera con pendientes longitudinales muy pronunciadas.

Nivel deterioro: Determinado según el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Cualquier protuberancia superior a 50 mm se considera daño grave.

Solución: Si el IRI es inferior a 3,5 no se requiere intervención, mientras que si supera 3,5 se deberá sustituir la zona afectada, la capa asfáltica y la base. Incrementar la capacidad estructural del pavimento (Gonzales, 2018).

2.2.3.3. Otros deterioros:

a. Surgencia de finos y agua:

Identificación: Cuando pasan vehículos pesados, el agua mezclada con polvo fino sale de las grietas y bordes de la carretera, formando pequeños agujeros a los lados de la carretera. También se puede observar un polvo fino en la superficie después de eliminar el agua.

Causas: Debido a la presencia de agua entre la superficie de la carretera y la base, cuando pasan vehículos muy cargados se produce un bombeo en la carpeta asfáltica, lo que provocará la liberación de polvo fino de la base de la carretera.

Nivel de deterioro:

- Nivel bajo de deterioro: Cavidad entre pavimento y berma inferior a 50 milímetros.
- Nivel medio de deterioro: Cavidad entre pavimento y berma que va desde los 50 milímetros a los 150 milímetros.
- Nivel alto de deterioro: Cavidad entre pavimento y berma superior a 150 milímetros.

Solución: Encuentre dónde se filtra el agua; si es en grietas, sellarlo. Instalar drenajes para el pavimento. Si el pavimento se ha deteriorado desde que se realizó la reparación, según la naturaleza y extensión del daño (Gonzales, 2018).

b. Separación entre Bermas y pavimento:

Identificación: Aberturas en la línea de contacto entre la superficie exterior del bordillo y la berma, cuneta, solera.

Causas: Asentamiento y movimiento de bermas por compactación insuficiente, escorrentía.

Nivel de deterioro: En áreas donde la precipitación media anual excede los 50 mm, los pavimentos con tales daños deben considerarse severamente desgastados.

Solución: En bermas pavimentadas o no pavimentadas, la berma debe imprimirse, reformarse y compactarse. En la berma donde se realiza el tratamiento superficial, el pavimento se reconstruye con franjas adyacentes al pavimento. En berma pavimentada con carpeta asfáltica, sellar (Gonzales, 2018).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Mantenimiento Vial

Una serie de tareas técnicas diseñadas para mantener la calidad de la infraestructura viaria en el tiempo, ya sea en operación regular u ocasional, para garantizar que los usuarios reciban servicios de primer nivel (MTC, 2013).

2.3.2. Rehabilitación

La rehabilitación ocurre cuando la carretera está lo suficientemente desgastada para soportar mayores volúmenes de tráfico en el futuro y puede incluir algunas mejoras en los sistemas de drenaje y contención. El objetivo es restaurar las capacidades estructurales y la calidad de la superficie de rodadura (Paredes & Rodríguez, 2011).

2.3.3. Asfalto

Es un material aglomerado de color oscuro formado por una mezcla de hidrocarburos no etéreos de gran peso molecular logrados del petróleo crudo en el que se diluye. Se pueden obtener por vaporización natural de almacenes en la superficie de la tierra, llamados betún natural, o mediante métodos de destilación industrial donde el betún es el módulo primordial (Miranda, 2010).

2.3.4. Bacheo

Trabajos de mantenimiento periódicos consistentes en rellenar y sellar orificios o depresiones en la superficie de rodadura (MTC, 2013).

2.3.5. Base

Una capa de material granular que soporta la superficie de rodadura. Debido a su cercanía a la superficie de rodadura, la función primordial de la base es absorber la

carga máxima para reducir su impacto sobre la calzada. Dependiendo del tipo de recubrimiento, la capa base puede estar hecha no solo de materiales granulados procesados, sino también de estabilizadores diseñados para mejorar las propiedades físicas del material y, por tanto, la capacidad de carga (Cabello & Limonchi, 2015).

2.3.6. Capa de rodadura

Capa de mezcla asfáltica en contacto directo con el tráfico. Debe proporcionar suficiente comodidad y seguridad al vehículo durante la conducción. Se pueden encontrar diferentes tipos de mezclas asfálticas, desde las tradicionales mezclas asfálticas en caliente (MAC) hasta tratamientos superficiales a base de emulsiones asfálticas modificadas con polímeros (Cabello & Limonchi, 2015).

2.3.7. Mejoramiento

Se refiere a mejoras de las vías en términos de ancho, alineación, curvatura o gradiente longitudinal, incluyendo repavimentación y rehabilitación. Con el objetivo de aumentar la capacidad y velocidad de la vía y la seguridad de los vehículos que circulan por ella (Paredes & Rodríguez, 2011).

2.3.8. Muestreo

El estudio del suelo, materiales, asfalto, agua, etc. para determinar sus características y/o mejor aprovechamiento y beneficio (MTC, 2013).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El presente estudio utiliza un estudio interpretativo con un enfoque cuantitativo y tiene como objetivo describir el proyecto utilizando varias metodologías para establecer la fase de preservación y detallar algunas soluciones para optimizar la calidad del asfalto.

3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de la pesquisa se describe a cómo se reconocen las interrogantes de la investigación. Estas metodologías incluyen señalar tácticas a seguir para abordar interrogaciones, proporcionar literatura y estrategias de investigación de campo; esto simboliza un análisis a hondura de búsqueda de publicidades de trabajos preliminares, medios impresos y audiovisuales, así como sinopsis de datos que provienen directamente de investigadores o de la realidad de los hechos ocurridos sin manipulación o control de variables.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de averiguación es extenso ya que el proyecto marca la dirección para la evaluación de carreteras para determinar su estado de conservación.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

La población para nuestra investigación es 5 km de la Av. José de San Martín del poblado Pampa Alta Lateral "D" del Distrito de Ite.

3.2.2. Muestra

El espécimen que hemos aprovechado en esta exploración es de 4,8 km de la Av. José de San Martín que está situada en el Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre-Tacna. También expuso que la muestra es de tipo no probabilística y el investigador optó por cerrarla.

3.3. Operacionalización de variables

Posterior a la distinción de variables en nuestro tema de investigación se reconocieron en carácter independiente y dependiente.

En la tabla 1 se puede apreciar la Operacionalización de la variable Independiente siendo la Evaluación superficial utilizando método PCI la denominación de la variable.

Tabla 1

Operacionalización de la Variable Independiente

Tipo de variable	Denominación de la variable	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Variable independiente	Evaluación superficial utilizando método PCI	Por lo tanto, el daño causado por diversas sustancias mecánicas en la superficie de la carretera, clima, proceso de construcción, diseño estructural que otras cosas.	Evaluación del estado del pavimento	Parámetros de evaluación de daños
			Procesar la información recibida en el sitio.	Clasificación de fallas del Pavimento Índice de Condición del Pavimento Condición del Pavimento

En la tabla 2 se puede apreciar la Operacionalización de la variable Dependiente siendo la Serviciabilidad del Pavimento la denominación de la variable.

Tabla 2

Operacionalización de la Variable Dependiente

Tipo de variable	Denominación de la variable	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Variable dependiente	Serviciabilidad del Pavimento	La valoración del usuario sobre el nivel de servicio de la vía (comodidad, seguridad y calidad de conducción)	Nivel de Serviciabilidad del Pavimento	Parámetros de valoración de deterioros Categorización de fallas de la Carpeta Asfáltica.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

El régimen de investigación fue la recolección de información realizada visualmente, la selección del área de estudio, la clasificación según el estado de conservación y la

selección de los lugares más degradados del camino para realizar pruebas de campo y determinar su idoneidad.

Para distinguir las unidades de muestreo se realizaron los cálculos correspondientes del método PCI, lo que permitió reconocer el sitio y la medición, dando como resultado diferentes fallas. El procedimiento IRI, por su parte, contempla el uso de un rugosímetro de Merlín, recogiendo muestras a una distancia de dos metros entre cada muestra y registrando las correspondientes notas de campo.

3.4.1. Técnicas para la recolección de datos

Después del inventario en el sitio, los datos se organizarán y procesarán manualmente para que el procesamiento de los datos recopilados sea simple, claro y manejable. Se requiere otro software para procesar los datos, como:

- a. Microsoft Excel
Permite registrar y controlar información sobre el formato utilizado. Utilice software para crear matrices de datos y agregarlas a informes.
- b. AutoCAD
Es un software de diseño asistido por computadora para diseño "2D y 3D", lo que lo convierte en un óptimo instrumento para todas las ramas de la ingeniería.
- c. Rugosímetro Merlín
Es un instrumento planeado concretamente para calcular la rugosidad y la fase de las calzadas y es fácil y rentable de implementar.

3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos

La realización en campo requerirá de diversos equipos de señal y cálculo, las cuales describimos a continuación:

- d. Registro de datos.
- e. Medidor de curvas o cinta métrica.
- f. Nivel de construcción.
- g. Reglas de grado.
- h. Plata de la sala de estudio.
- i. Chaleco de seguridad de obra con cinta reflectante.
- j. Cono de seguridad de PVC.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Procedimiento de evaluación de la condición del Pavimento

Para el Trabajo de Campo: En la etapa inicial de realización en sitio, identificamos el daño y destacamos su extensión, grado y severidad. Los datos que se registrarán y utilizarán posteriormente. Nuestros procedimientos de prueba de campo para la recopilación de datos son la técnica IRI y PCI, respectivamente.

En la figura 9 se puede apreciar el inicio del recorrido de la Avenida en estudio del Distrito de Ite, Tacna.

Figura 9

En la imagen empezamos con el recorrido de la Av. José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna



Las figuras 10 y 11 muestran el inicio del proceso de identificación de fallas existentes en la Avenida de estudio del Distrito de Ite, Tacna.

Figura 10

Se inicia con el muestreo de las fallas encontradas en la Av. José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna

**Figura 11**

Se inicia con el muestreo de las fallas encontradas en la Av. José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna



Las Unidades de Muestreo dados los siguientes principios, se hacen grupos donde estas unidades de muestreo se fraccionan con tamaños variables y capas rodantes con calzadas con carpeta asfáltica y ancho inferior a 7,30 m. El área de estudio se encuadra en la primera categoría de 5 metros de ancho de calzada y 46 metros en la longitud de la unidad de muestreo.

En la tabla 3 indica la longitud de unidad de muestreo a estudiar en función del ancho correspondiente de la calzada.

Tabla 3

Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas.

Ancho de calzada (m)	Longitud muestreo (m)
5,0	46,0
5,5	41,8
6,0	38,3
6,5	35,4
7,3 (máximo)	31,5

Determinación de las unidades de muestreo para su evaluación, para el desarrollo del muestreo requiere mucho tiempo y muchos recursos, y es esencial en las "evaluaciones de la red de carreteras" donde es necesario analizar un gran número de muestras.

Como se puede observar en la Ecuación 1, el número mínimo de ítems muestrales estimables se alcanza cuando no se pueden controlar en la estimación de ítems, lo que equivale a obtener una estimación de PCI ± 5 con una fiabilidad del 95%.

La Ecuación 1, muestra la Fórmula para calcular la cantidad mínima de unidades de muestreo para evaluar en el desarrollo de la tesis.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} \quad (1)$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

N: Número total de unidades de prueba en el tramo del pavimento.

e: Error permisible en la estimación del PCI para este tramo de carretera
(e=5%)

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades

En el transcurso de la experiencia inaugural, la desviación estándar del "PCI" del pavimento asfáltico fue de 10 (rango de PCI de 25). Las pruebas siguientes usan la desviación estándar real (o rango PCI) de la prueba preliminar para establecer el número mínimo de dispositivos que se evaluarán.

Si el número mínimo de unidades a evaluar es inferior a cinco ($n < 5$), se deben evaluar todas las unidades.

Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección, Se sugiere asignar distancia a los demás en función del siguiente comportamiento y seleccionar el primer grupo aleatorio después de las siguientes acciones (supresión de muestreo): De manera similar, usaremos la Ecuación 2 para explorar el intervalo de muestreo para los cálculos relevantes.

La ecuación 2, muestra la Fórmula para encontrar el intervalo de muestreo.

$$i = \frac{N}{n} \quad (2)$$

Donde:

N: Total de unidades de muestreo.

n: Número mínimo de unidades a revisar.

i: Rango muestral, redondeado al número entero inferior más cercano.

a. Seleccionamos una unidad entera del grupo inicial y del grupo de intervalo i.

Por lo tanto, cuando $i = 3$, la cantidad inaugural de grupos de validación puede estar entre 1 y 3. Los números de grupo a verificar se identifican como (S), (S1), (S2), etc.

En este ejemplo; si la unidad primaria de muestreo es 3 y el intervalo de muestreo (1) es 3, entonces la siguiente unidad de muestreo es 6, 9, 12, 15, etc.

Sin embargo, si existen requisitos claros para el tamaño del daño, se debe probar cada unidad de muestreo.

Respecto a la Selección de Unidades de Muestreo Adicionales, una de las desventajas primordiales del enfoque fortuito es que ciertas unidades de muestreo en condiciones muy desfavorables quedan excluidas de las pruebas y evaluaciones. Si una unidad de muestra está dañada (p. Por ejemplo, "rieles") aleatorizó incorrectamente la muestra.

Para obviar esto, la prueba debe distinguir las unidades seleccionadas de manera anormal y probarlas como "unidades suplementarias" en lugar de "unidades de muestra o representativas". Además, los cálculos del PCI cambian tenuemente cuando se incorporan unidades de muestra extra para evitar discrepancias entre segmentos.

Evaluación de la condición del pavimento, el procedimiento cambia en base al tipo de recubrimiento que se esté probando. Se deben seguir estrictamente las definiciones de corrupción para garantizar valores confiables del PCI.

Examine varias muestras para determinar el tipo y la gravedad del daño según el tipo de patología y registre la información en el formato de recopilación de datos recomendado para cada unidad de muestra. Cada línea indica el formato utilizado para registrar el alcance y la gravedad de la lesión.

3.5.2. Trabajo de Campo y Gabinete

3.5.2.1. Método de índice de condición del pavimento

a. Cálculo de Valores deducidos

Deben registrarse los totales de cada categoría de daño y nivel de severidad. De tal manera que cada columna GENERAL en PCO-01. Debe ser consciente de es el deterioro se puede calcular por zona, extensión, etc. La cuantía depende de su índole.

Las cantidades patológicas de cada tipo (en cada gravedad) se dividen probando el área de prueba total y el resultado se expresa porcentaje. Esta es la densidad de la muestra de esa muestra que indica la gravedad.

Para cada tipo de falla y su gravedad, el valor deducible se determina mediante una curva denominada "Valor de daños deducibles".

b. Cálculo del número máximo admisible de Valores Deducidos (m)

La derivada es superior a 2, utilice la derivada absoluta en vez del valor derivado ajustado (CDV) más elevado derivado del paso 4; en opuesto, prosiga con los procedimientos 2b y 2c.

Mostrar los valores individuales en disposición de mayor a menor.

Usando la ecuación 3 para determinar la cantidad máxima de valores permitidos, podemos ver que podemos encontrar la constante "m"

La Ecuación 3, muestra la Fórmula para calcular la Cifra Máxima Permitida de Valores.

$$m_i = 1,00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \quad (3)$$

Donde:

m_i : El máximo número de “valores deducidos” admitidos, incluyendo particiones, para la cantidad de conjuntos de muestra i .

HDV_i : El máximo valor “deducido” para la conformidad de muestra i .

c. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

Utilice el siguiente proceso iterativo para determinar el CDV máximo:

- Determina cuántos valores derivados de “q” son mayores que 2.
- Determine el monto total de valor deducible sumando todos los montos deducibles individuales.
- Determine el CDV utilizando el valor de deducción total de la curva de corrección correspondiente a “q” y el tipo de carretera.
- Disminuir los “valores deducidos” a 2, sea mayor a 2 y redonde los pasos anteriores.

d. Cálculo del PCI de la unidad de muestreo

Esta sección, encontraremos el “PCI” en la prueba de estudio se reduce 100 al CDV. La tabla visualizada en la Figura 12, servirá para determinar el valor deducible superior ajustado correspondiente "VDC".

La tabla 4 nos indica el formato para obtener el CDV, que se obtiene para cada clase de pavimento de acuerdo al tipo, intensidad y densidad de sus fallas.

Tabla 4

Formato para la obtención del Valor de Deducción Corregido

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

e. Cálculo del PCI de una sección de pavimento

Hay varias unidades de prueba en el tramo de carretera. Si se guardan todos los elementos seleccionados, el PCI de la región será el PCI promedio calculado para los elementos seleccionados. Si se manipula un método de muestreo, se debe manejar un proceso distinto.

Si los componentes de muestra para el ensayo se seleccionan mediante un método aleatorio uniforme o un método basado en la representatividad parcial, el PCI resultará del PCI promedio de las componentes de espécimen probadas. Si se manejan componentes de espécimen añadidas, se hará de la media ponderado. En la Ec. 4 a continuación, se entiende la fórmula que usará para encontrar el Índice de situación de la carretera.

La Ecuación 4 muestra la Fórmula de cálculo del índice de situación de la calzada

$$PCI_S = \frac{[(N-A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \quad (4)$$

Donde:

- PCI_S : PCI del sector de la vía.
 PCI_R : PCI promedio para un tamaño de muestra aleatorio o representativo.
 PCI_A : PCI promedio frente a muestras adicionales.
 N : Número total de muestras.
 A : Cantidad adicional para la cantidad de muestra de revisión.

f. Trabajo de gabinete con el procesamiento de datos del PCI

Los datos recopilados después de la prueba se utilizarán en los cálculos de PCI para determinar los productos extrapolados. Realizar cálculos en hojas de cálculo de Microsoft Excel para una mejora superior y consecuencias.

La tabla 5 muestra el formato de recopilación de datos usados, que indica las fallas existentes en la vía de estudio junto a su grado de severidad y sus medidas respectivas.

Tabla 5*Formato de recopilación de datos usados*

Daños en Vías con Superficie Asfáltica					
1) Piel de Cocodrilo				11) Por Parcheos	
2) Exudaciones				12) Pulimiento de Agregados	
3) Agrietamiento en bloque				13) Huecos	
4) Abultamientos & Hundimientos				14) Cruce de Vía Férrea	
5) Corrugaciones				15) Ahuellamientos	
6) Depresiones				16) Desplazamientos	
7) Grieta de Bordes				17) Grieta Parabólica	
8) Grieta de reflexión de juntas				18) Hinchamiento	
9) Desniveles Carriles - Bermas				19) Peladuras por Intemp.	
10) Grietas Longitudinales y Transversales					
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			
4	M	0,74	1,10	2,30	
19	M	140,00			
13	M	4,00			
11	M	24,20	3,50	2,80	10,50
19	H	15,00		0,50	

La tabla 6 muestra los resultados obtenidos de CD, Total y la Densidad (%)

Tabla 6*Resultados Obtenidos de VD*

Total	Densidad (%)	Valor Deducido
4,14	1,80	16,00
140,00	60,87	22,00
4,00	1,74	41,00
41,00	17,83	37,00
15,50	6,74	32,00

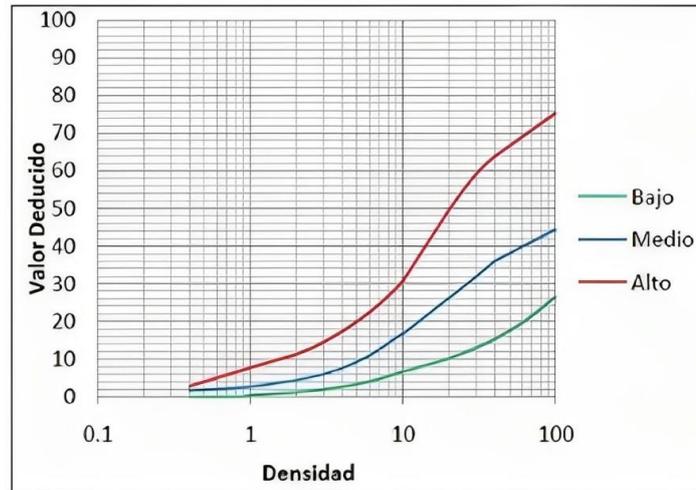
Para calcular la densidad, se determinó resultado de la división del número total de muestras de cada patología por el área de estudio y porcentaje. "Valor deducible" calculado utilizando la curva titulada "Valor deducible de daños" como en la tabla de cálculo.

Para nuestros resultados en este caso obtenemos una densidad calculada de 6,74 para la falla 19 con una severidad Media, esta corresponde a peladuras por intemperismo.

La figura 12 nos muestra el ábaco para el procesamiento de datos del valor deducido por peladuras, con el valor deducido en ordenadas y el porcentaje de densidad de agotamiento en abscisas.

Figura 12

Abaco para el procesamiento de datos del valor deducido por peladuras



El “valor deducido” para este tipo de falla del pavimento por peladuras de severidad Alta sería 32, de igual forma nosotros podemos calcular VD.

Para lograr la PCI, hay un proceso previo para continuar el proceso anterior calculando el "valor de deducción máximo" del tipo de carretera de asfalto (CDV máximo). La curva de corrección determina el valor del PCI del dispositivo.

La cantidad de los resultados decrece al valor superior admitido “m”, incluido los decimales. Por ejemplo, para valores como 41, 37, 32, 22 y 16.

g. Trabajo de Gabinete con el desarrollo del método del IRI

El procedimiento se efectúa haciendo uso de un medidor de rugosidad Merlín y, a medida que aumenta el tráfico de automóviles, se implementarán las salvaguardias existentes para la recopilación de datos: por ejemplo (conos, chalecos de seguridad, etc.)

Antes de comenzar la prueba, el equipo Merlín Roughmeter debe calibrarse de la siguiente manera:

Calibrar el dispositivo en el laboratorio con la superficie nivelada y sin desniveles en el campo, ajustar sus soportes y nivelar la marca al Número 25.

Luego de graduada la herramienta, se lleva al área de estudio, se empezará en la parte superior.

Durante la prueba, el operador manipula el artefacto con dos empuñaduras, alternativamente levanta el dispositivo hacia arriba y hacia adelante hasta hacer girar la rueda completamente y luego asegura el dispositivo en tres puntos de ancla para obtener un marcador de lectura. Se realizan varias iteraciones hasta obtener un límite de 200 lecturas en el formato.

En los cuadros que se visualizan en la figura 13 se hallarán los datos recabados para una rotación cabal de la rueda medidora de rugosidad Merlín, 200 datos recopilados en una sección de 400 metros; una vez completada la recopilación de datos, se transferirán a nuestra hoja de cálculo de Excel para su uso y cálculo posterior.

Figura 13

Formato referencial para la recolección de datos en el método IRI

	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										

Las siguientes ecuaciones incluyen las ecuaciones originales desarrolladas por el Laboratorio de Investigación del Transporte del Reino Unido (TRRL) al desarrollar la Escala de Rugosidad Merlín:

$$\text{a. } IRI = 0,593 + 0,0471 D \quad (2,4 < IRI < 15,9) \quad (1)$$

$$\text{b. } IRI = 0,0485 D \quad (IRI < 2,4) \quad (2)$$

Para deducir el valor de IRI se asumirá el valor "D" si:

$$D > 40 \quad (1)$$

$$D < 40 \quad (2)$$

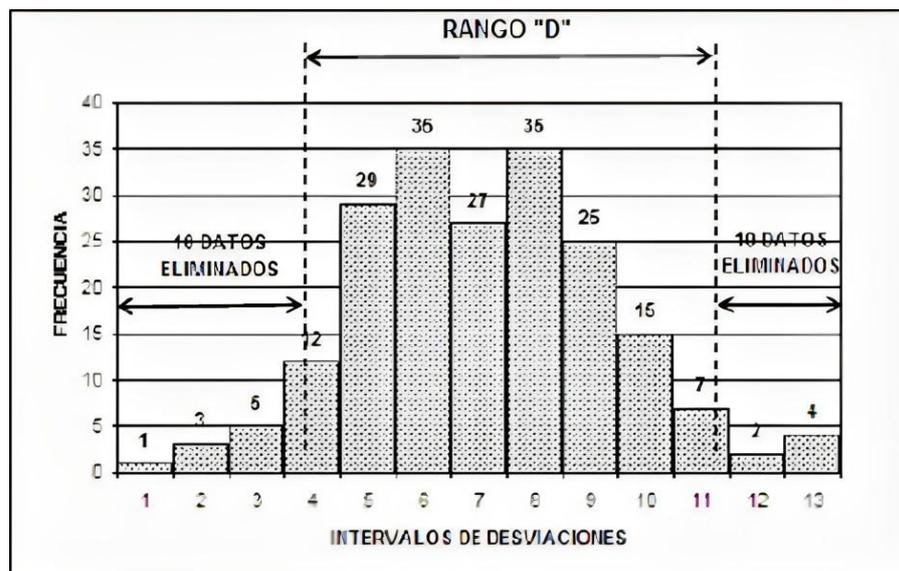
Donde:

D: simboliza la repartición de los datos recabados con el rugosímetro de Merlín (valores Merlín), asociados en bandas de frecuencia y analizados por frecuencia de lectura o ubicación de donde se tomó el indicador. Estos datos se manifiestan inicialmente como un gráfico, donde el valor "D" es el volumen absoluto en unidades Merlín.

Observando la figura 14 a continuación podemos apreciar un ejemplo donde figuran 200 lecturas asumidas con la herramienta Merlín, evaluando la frecuencia e intervalos de desviaciones.

Figura 14

Histograma que muestra nuestras 200 lecturas del Rugosímetro Merlín



Se retirarán el 10 % de 200 datos, es decir, se excluirán 20 datos de cada lado del gráfico. Es por ello que, se examinará el extremo zurdo del gráfico y se exceptuarán 4 clases de datos, excluyendo 2 clases de datos, excluyendo 3 clases de datos y excluyendo 1 clase de datos. Se prescindirán de 3 rangos de datos desechados.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Evaluación de las fallas por el “Método del PCI”

A continuación, se exponen la data del registro obtenido en campo en el transcurso de un reconocimiento visual de las fallas encontradas en la zona de estudio.

Internamente del Método de “Pavement Condición Index” (PCI) se identifican 105 ensayos en los 4 800 metros de longitud de estudio cada ensayo y/o unidad de muestra consta de 46 metros a lo largo de la vía, teniendo en cuenta que el ancho de vía abarca 5 metros. Para alcances de estudio del método se escogieron 14 ensayos a nivel de la extensión de estudio, que están comprendidas, de igual manera se puede comprendiendo los resultados del PCI, con su categorización del PCI.

El desarrollo de la toma de muestras para ensayos se encuentra especificado en la continua Tabla 7 donde visualizamos área, unidad de muestra, la progresiva tomada, PCI y Rating.

Tabla 7
Resultados del PCI por cada Unidad de Muestra

Área (m ²)	Unidad de muestra	Progresiva	PCI	Rating	
230	1	0	46	27	Malo
230	2	46	92	15	Muy malo
230	3	92	138	13	Muy malo
230	4	138	184	20	Muy malo
230	5	184	230	15	Muy malo
230	6	230	276	25	Muy malo
230	7	276	322	21	Muy malo
230	8	322	368	18	Muy malo
230	9	368	414	28	Malo
230	10	414	460	15	Muy malo
230	11	460	506	12	Muy malo
230	12	506	552	11	Muy malo
230	13	552	598	22	Muy malo
230	14	598	644	12	Muy malo
230	15	644	690	16	Muy malo
230	16	690	736	18	Muy malo
230	17	736	782	43	Regular
230	18	782	828	22	Muy malo
230	19	828	874	16	Muy malo
230	20	874	920	30	Malo
230	21	920	966	32	Malo

Tabla 7 (continuación 1)

Área (m ²)	Unidad de muestra	Progresiva		PCI	Rating
230	22	966	1012	29	Malo
230	23	1012	1058	27	Malo
230	24	1058	1104	27	Malo
230	25	1104	1150	36	Malo
230	26	1150	1196	31	Malo
230	27	1196	1242	33	Malo
230	28	1242	1288	20	Muy malo
230	29	1288	1334	24	Muy malo
230	30	1334	1380	28	Malo
230	31	1380	1426	31	Malo
230	32	1426	1472	33	Malo
230	33	1472	1518	28	Malo
230	34	1518	1564	25	Muy malo
230	35	1564	1610	31	Malo
230	36	1610	1656	40	Malo
230	37	1656	1702	22	Muy malo
230	38	1702	1748	29	Malo
230	39	1748	1794	14	Muy malo
230	40	1794	1840	22	Muy malo
230	41	1840	1886	20	Muy malo
230	42	1886	1932	21	Muy malo
230	43	1932	1978	41	Regular
230	44	1978	2024	22	Muy malo
230	45	2024	2070	13	Muy malo
230	46	2070	2116	45	Regular
230	47	2116	2162	14	Muy malo
230	48	2162	2208	11	Muy malo
230	49	2208	2254	42	Regular
230	50	2254	2300	7	Fallado
230	51	2300	2346	19	Muy malo
230	52	2346	2392	20	Muy malo
230	53	2392	2438	21	Muy malo
230	54	2438	2484	17	Muy malo
230	55	2484	2530	26	Malo
230	56	2530	2576	27	Malo
230	57	2576	2622	11	Muy malo
230	58	2622	2668	10	Fallado
230	59	2668	2714	12	Muy malo
230	60	2714	2760	27	Malo
230	61	2760	2806	49	Regular
230	62	2806	2852	12	Muy malo
230	63	2852	2898	10	Fallado

Tabla 7 (continuación 2)

Área (m ²)	Unidad de muestra	Progresiva		PCI	Rating
230	64	2898	2944	7	Fallado
230	65	2944	2990	5	Fallado
230	66	2990	3036	28	Malo
230	67	3036	3082	26	Malo
230	68	3082	3128	24	Muy malo
230	69	3128	3174	12	Muy malo
230	70	3174	3220	20	Muy malo
230	71	3220	3266	17	Muy malo
230	72	3266	3312	28	Malo
230	73	3312	3358	24	Muy malo
230	74	3358	3404	15	Muy malo
230	75	3404	3450	20	Muy malo
230	76	3450	3496	21	Muy malo
230	77	3496	3542	10	Fallado
230	78	3542	3588	14	Muy malo
230	79	3588	3634	18	Muy malo
230	80	3634	3680	27	Malo
230	81	3680	3726	13	Muy malo
230	82	3726	3772	11	Muy malo
230	83	3772	3818	22	Muy malo
230	84	3818	3864	20	Muy malo
230	85	3864	3910	13	Muy malo
230	86	3910	3956	14	Muy malo
230	87	3956	4002	8	Fallado
230	88	4002	4048	12	Muy malo
230	89	4048	4094	22	Muy malo
230	90	4094	4140	18	Muy malo
230	91	4140	4186	30	Malo
230	92	4186	4232	31	Malo
230	93	4232	4278	28	Malo
230	94	4278	4324	25	Muy malo
230	95	4324	4370	18	Muy malo
230	96	4370	4416	23	Muy malo
230	97	4416	4462	8	Fallado
230	98	4462	4508	15	Muy malo
230	99	4508	4554	12	Muy malo
230	100	4554	4600	11	Muy malo
230	101	4600	4646	18	Muy malo
230	102	4646	4692	17	Muy malo
230	103	4692	4738	17	Muy malo
230	104	4738	4784	24	Muy malo
230	105	4784	4800	25	Muy malo

4.1.1. Resultado del PCI 1 “Muestra 1”

La Tabla 8 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 1, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 8

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 1

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo						11) Por Parcheos		
2) Exudaciones						12) Pulimiento de Agregados		
3) Agrietamiento en bloque						13) Huecos		
4) Abultamientos & Hundimientos						14) Cruce de Vía Férrea		
5) Corrugaciones						15) Ahuellamientos		
6) Depresiones						16) Desplazamientos		
7) Grieta de Bordes						17) Grieta Parabólica		
8) Grieta de reflexión de juntas						18) Hinchamiento		
9) Desniveles Carriles - Bermas						19) Peladuras por Intemp.		
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
1	M	0,40	1,00		1,4	0,61	28,00	
4	M	2,40	4,00	2,30	8,7	3,78	20,00	
19	M	120,00	22,00		142	61,74	40,00	
7	M	15,00			15	6,52	11,00	
13	M	6,00			6	2,61	42,00	

La Tabla 9 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 1 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Malo”.

Tabla 9

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 1

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	42,00	40,00	28,00	20,00	11,00	141,00	5	72,00
2	42,00	40,00	28,00	20,00	2,00	132,00	4	73,00
3	42,00	40,00	28,00	2,00	2,00	114,00	3	70,00
4	42,00	40,00	2,00	2,00	2,00	88,00	2	62,00
5	42,00	2,00	2,00	2,00	2,00	50,00	1	50,00

$$\text{Max CDV} = 73$$

$$\text{PCI} = 100 - 73$$

$$\text{PCI} = 27$$

Rating = “Malo”

4.1.3. Resultado del PCI 17 “Muestra 17”

La Tabla 12 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 17, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 12

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 17.

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo						11) Por Parcheos		
2) Exudaciones						12) Pulimiento de Agregados		
3) Agrietamiento en bloque						13) Huecos		
4) Abultamientos & Hundimientos						14) Cruce de Vía Férrea		
5) Corrugaciones						15) Ahuellamientos		
6) Depresiones						16) Desplazamientos		
7) Grieta de Bordes						17) Grieta Parabólica		
8) Grieta de reflexión de juntas						18) Hinchamiento		
9) Desniveles Carriles - Bermas						19) Peladuras por Intemp.		
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
13	M	1,00	1,00		2,00	0,87	38,00	
11	M	2,00	2,00	2,00	6,00	2,61	23,00	
7	M	2,00	5,00		7,00	3,04	9,00	
19	M	12,00	2,00		14,00	6,09	37,00	
1	M	3,00			3,00	1,30	27,00	

La Tabla 13 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 17 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Regular”.

Tabla 13

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 17

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	38,00	37,00	27,00	23,00	9,00	134,00	5	72,00
2	38,00	37,00	27,00	23,00	2,00	127,00	4	72,00
3	38,00	37,00	27,00	2,00	2,00	106,00	3	65,00
4	38,00	37,00	2,00	2,00	2,00	81,00	2	60,00
5	38,00	2,00	2,00	2,00	2,00	46,00	1	47,00

$$\text{Max CDV} = 57$$

$$\text{PCI} = 100 - 57$$

$$\text{PCI} = 43$$

Rating = “Regular”

4.1.4. Resultado del PCI 25 “Muestra 25”

La Tabla 14 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 25, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 14

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 25

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo						11) Por Parcheos		
2) Exudaciones						12) Pulimiento de Agregados		
3) Agrietamiento en bloque						13) Huecos		
4) Abultamientos & Hundimientos						14) Cruce de Vía Férrea		
5) Corrugaciones						15) Ahuellamientos		
6) Depresiones						16) Desplazamientos		
7) Grieta de Bordes						17) Grieta Parabólica		
8) Grieta de reflexión de juntas						18) Hinchamiento		
9) Desniveles Carriles - Bermas						19) Peladuras por Intemp.		
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
16	M	4,00	4,00	4,00	12,00	5,22	23,00	
10	M	2,00	5,00	4,00	11,00	4,78	10,00	
12	M	5,40	4,70		10,10	4,39	2,00	
13	M	5,00	4,00		9,00	3,91	53,00	
4	M	2,00	2,00	3,00	7,00	3,04	20,00	

La Tabla 15 nos muestra el Valor Deducido maximo corregido para la Unidad 25 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Malo”.

Tabla 15

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 25

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	53,00	23,00	20,00	10,00	2,00	108,00	5	58,00
2	53,00	23,00	20,00	10,00	2,00	108,00	4	62,00
3	53,00	23,00	20,00	2,00	2,00	100,00	3	64,00
4	53,00	23,00	2,00	2,00	2,00	82,00	2	58,00
5	53,00	2,00	2,00	2,00	2,00	61,00	1	61,00

$$\text{Max CDV} = 64$$

$$\text{PCI} = 100 - 64$$

$$\text{PCI} = 36$$

Rating = “Malo”

4.1.5. Resultado del PCI 33 “Muestra 33”

La Tabla 16 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 33, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 16

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 33

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo						11) Por Parcheos		
2) Exudaciones						12) Pulimiento de Agregados		
3) Agrietamiento en bloque						13) Huecos		
4) Abultamientos & Hundimientos						14) Cruce de Vía Férrea		
5) Corrugaciones						15) Ahuellamientos		
6) Depresiones						16) Desplazamientos		
7) Grieta de Bordes						17) Grieta Parabólica		
8) Grieta de reflexión de juntas						18) Hinchamiento		
9) Desniveles Carriles - Bermas						19) Peladuras por Intemp.		
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales				Total	Densidad (%)	Valor Deducido
13	M	6,00	2,00	4,00	12,00	5,22	65,00	
4	M	2,40	4,00	3,40	9,80	4,26	23,00	
16	M	3,50	5,00	1,80	10,30	4,48	21,00	
10	M	5,00	4,00		9,00	3,91	8,00	
11	M	8,00	2,00		10,00	4,35	19,00	

La Tabla 17 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 33 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Malo”.

Tabla 17

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 33

Orden	Resultados						Total	q	C.D.V.
1	65,00	23,00	21,00	19,00	8,00	136,00	5	72,00	
2	65,00	23,00	21,00	19,00	2,00	130,00	4	71,00	
3	65,00	23,00	21,00	2,00	2,00	113,00	3	70,00	
4	65,00	23,00	2,00	2,00	2,00	94,00	2	67,00	
5	65,00	2,00	2,00	2,00	2,00	73,00	1	72,00	

$$Max\ CDV = 72$$

$$PCI = 100 - 72$$

$$PCI = 28$$

Rating = “Malo”

4.1.6. Resultado del PCI 41 “Muestra 41”

La Tabla 18 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 41, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 18

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 41

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo								11) Por Parcheos
2) Exudaciones								12) Pulimiento de Agregados
3) Agrietamiento en bloque								13) Huecos
4) Abultamientos & Hundimientos								14) Cruce de Vía Férrea
5) Corrugaciones								15) Ahuellamientos
6) Depresiones								16) Desplazamientos
7) Grieta de Bordes								17) Grieta Parabólica
8) Grieta de reflexión de juntas								18) Hinchamiento
9) Desniveles Carriles - Bermas								19) Peladuras por Intemp.
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
16	M	2,50	5,20	7,00	14,70	6,39	24,00	
10	M	2,00	6,00	4,00	12,00	5,22	11,00	
13	M	5,00	7,00	2,00	14,00	6,09	72,00	
11	M	2,40	4,70	3,20	10,30	4,48	18,00	
19	M	5,20	3,40	4,80	13,40	5,83	12,00	

La Tabla 19 nos muestra el Valor Deducido maximo corregido para la Unidad 41 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Malo”.

Tabla 19

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 41

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	72,00	24,00	18,00	12,00	11,00	137,00	5	70,00
2	72,00	24,00	18,00	12,00	2,00	128,00	4	72,00
3	72,00	24,00	18,00	2,00	2,00	118,00	3	73,00
4	72,00	24,00	2,00	2,00	2,00	102,00	2	69,00
5	72,00	2,00	2,00	2,00	2,00	80,00	1	80,00

$$\text{Max CDV} = 80$$

$$\text{PCI} = 100 - 80$$

$$\text{PCI} = 20$$

Rating = “Malo”

4.1.7. Resultado del PCI 49 “Muestra 49”

La Tabla 20 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 49, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 20

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 49

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo						11) Por Parcheos		
2) Exudaciones						12) Pulimiento de Agregados		
3) Agrietamiento en bloque						13) Huecos		
4) Abultamientos & Hundimientos						14) Cruce de Vía Férrea		
5) Corrugaciones						15) Ahuellamientos		
6) Depresiones						16) Desplazamientos		
7) Grieta de Bordes						17) Grieta Parabólica		
8) Grieta de reflexión de juntas						18) Hinchamiento		
9) Desniveles Carriles - Bermas						19) Peladuras por Intemp.		
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
16	M	5,70	4,10	4,50	14,30	6,22	28,00	
19	M	2,80	8,70	5,40	16,90	7,35	17,00	
10	M	2,00	6,00	2,00	10,00	4,35	10,00	
7	M	3,00	4,00	4,00	11,00	4,78	9,00	
1	M	2,90	4,10	5,50	12,50	5,43	39,00	

La Tabla 21 nos muestra el Valor Deducido maximo corregido para la Unidad 49 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Regular”.

Tabla 21

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 49

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	39,00	28,00	17,00	10,00	9,00	103,00	5	53,00
2	39,00	28,00	17,00	10,00	2,00	96,00	4	55,00
3	39,00	28,00	17,00	2,00	2,00	88,00	3	58,00
4	39,00	28,00	2,00	2,00	2,00	73,00	2	54,00
5	39,00	2,00	2,00	2,00	2,00	47,00	1	47,00

$$Max\ CDV = 58$$

$$PCI = 100 - 58$$

$$PCI = 42$$

Rating = “Regular”

4.1.10. Resultado del PCI 73 “Muestra 73”

La Tabla 25 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 73, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 26

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 73

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo					11) Por Parcheos			
2) Exudaciones					12) Pulimiento de Agregados			
3) Agrietamiento en bloque					13) Huecos			
4) Abultamientos & Hundimientos					14) Cruce de Vía Férrea			
5) Corrugaciones					15) Ahuellamientos			
6) Depresiones					16) Desplazamientos			
7) Grieta de Bordes					17) Grieta Parabólica			
8) Grieta de reflexión de juntas					18) Hinchamiento			
9) Desniveles Carriles - Bermas					19) Peladuras por Intemp.			
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
4	M	0,74	1,10	2,30	4,14	1,80	16,00	
19	M	140,00			140,00	60,87	22,00	
13	M	4,00			4,00	1,74	41,00	
11	M	24,20	3,50	13,30	41,00	17,83	37,00	
19	H	15,00		0,50	15,50	6,74	32,00	

La Tabla 27 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 73 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Fallado”.

Tabla 27

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 73

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	41,00	37,00	32,00	22,00	16,00	148,00	5	76,00
2	41,00	37,00	32,00	22,00	2,00	134,00	4	73,00
3	41,00	37,00	32,00	2,00	2,00	114,00	3	70,00
4	41,00	37,00	2,00	2,00	2,00	84,00	2	60,00
5	41,00	2,00	2,00	2,00	2,00	49,00	1	48,00

$$\text{Max CDV} = 76$$

$$\text{PCI} = 100 - 76$$

$$\text{PCI} = 24$$

Rating = “Muy malo”

4.1.11. Resultado del PCI 81 “Muestra 81”

La Tabla 28 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 81, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 28

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 81

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo								11) Por Parcheos
2) Exudaciones								12) Pulimiento de Agregados
3) Agrietamiento en bloque								13) Huecos
4) Abultamientos & Hundimientos								14) Cruce de Vía Férrea
5) Corrugaciones								15) Ahuellamientos
6) Depresiones								16) Desplazamientos
7) Grieta de Bordes								17) Grieta Parabólica
8) Grieta de reflexión de juntas								18) Hinchamiento
9) Desniveles Carriles - Bermas								19) Peladuras por Intemp.
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
15	M	0,89	1,29	2,50	4,68	2,03	22,00	
19	M	122,50			122,50	53,26	32,00	
19	H	24,00			24,00	10,43	48,00	
11	M	25,00	28,00	15,20	68,20	29,65	39,00	
13	H	2,00	3,00		5,00	2,17	38,00	

La Tabla 29 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 81 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Muy malo”.

Tabla 29

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 81

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	48,00	39,00	38,00	32,00	22,00	179,00	5	87,00
2	48,00	39,00	38,00	32,00	2,00	159,00	4	83,00
3	48,00	39,00	38,00	2,00	2,00	129,00	3	77,00
4	48,00	39,00	2,00	2,00	2,00	93,00	2	66,00
5	48,00	2,00	2,00	2,00	2,00	56,00	1	57,00

$$Max CDV = 87$$

$$PCI = 100 - 87$$

$$PCI = 13$$

Rating = “Muy malo”

4.1.12. Resultado del PCI 89 “Muestra 89”

La Tabla 30 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 89, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 30

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 89

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo								
2) Exudaciones								
3) Agrietamiento en bloque								
4) Abultamientos & Hundimientos								
5) Corrugaciones								
6) Depresiones								
7) Grieta de Bordos								
8) Grieta de reflexión de juntas								
9) Desniveles Carriles - Bermas								
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
11) Por Parcheos								
12) Pulimiento de Agregados								
13) Huecos								
14) Cruce de Vía Férrea								
15) Ahuellamientos								
16) Desplazamientos								
17) Grieta Parabólica								
18) Hinchamiento								
19) Peladuras por Intemp.								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
13	H	4,00			4,00	1,74	60,00	
11	L	16,50	10,00	36,30	62,80	27,30	21,00	
7	M	0,97	1,48		2,45	1,07	2,00	
19	L	172,30			172,30	74,91	13,00	
13	M	5,00			5,00	2,17	40,00	

La Tabla 31 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 89 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Muy malo”.

Tabla 31

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 89

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	60,00	40,00	21,00	13,00	2,00	136,00	5	70,00
2	60,00	40,00	21,00	13,00	2,00	136,00	4	75,00
3	60,00	40,00	21,00	2,00	2,00	125,00	3	77,00
4	60,00	40,00	2,00	2,00	2,00	106,00	2	74,00
5	60,00	2,00	2,00	2,00	2,00	68,00	1	78,00

$$Max CDV = 78$$

$$PCI = 100 - 78$$

$$PCI = 22$$

Rating = “Muy malo”

4.1.13. Resultado del PCI 97 “Muestra 97”

La Tabla 32 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 97, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 32

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 97

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo								11) Por Parcheos
2) Exudaciones								12) Pulimiento de Agregados
3) Agrietamiento en bloque								13) Huecos
4) Abultamientos & Hundimientos								14) Cruce de Vía Férrea
5) Corrugaciones								15) Ahuellamientos
6) Depresiones								16) Desplazamientos
7) Grieta de Bordes								17) Grieta Parabólica
8) Grieta de reflexión de juntas								18) Hinchamiento
9) Desniveles Carriles - Bermas								19) Peladuras por Intemp.
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
13	H	4,00			4,00	1,74	60,00	
11	L	16,50	10,00	36,30	62,80	27,30	21,00	
7	M	0,97	1,48		2,45	1,07	2,00	
19	L	172,30			172,30	74,91	13,00	
13	M	5,00			5,00	2,17	40,00	

La Tabla 33 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 97 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Fallado”.

Tabla 33

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 97

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	57,00	44,00	35,00	32,00	29,00	197,00	5	92,00
2	57,00	44,00	35,00	32,00	2,00	170,00	4	57,00
3	57,00	44,00	35,00	2,00	2,00	140,00	3	70,00
4	57,00	44,00	2,00	2,00	2,00	107,00	2	60,00
5	57,00	2,00	2,00	2,00	2,00	65,00	1	48,00

$$\text{Max CDV} = 92$$

$$\text{PCI} = 100 - 92$$

$$\text{PCI} = 8$$

Rating = “Fallado”

4.1.14. Resultado del PCI 105 “Muestra 105”

La Tabla 34 nos muestra el formato de hoja de registro para la Unidad de Muestra 105, según el daño en la superficie asfáltica, grado de severidad y las cantidades parciales.

Tabla 34

Hoja de registro “Densidad” y “Valor Deducido” Unidad de Muestra 105

Daños en Vías con Superficie Asfáltica								
1) Piel de Cocodrilo						11) Por Parcheos		
2) Exudaciones						12) Pulimiento de Agregados		
3) Agrietamiento en bloque						13) Huecos		
4) Abultamientos & Hundimientos						14) Cruce de Vía Férrea		
5) Corrugaciones						15) Ahuellamientos		
6) Depresiones						16) Desplazamientos		
7) Grieta de Bordes						17) Grieta Parabólica		
8) Grieta de reflexión de juntas						18) Hinchamiento		
9) Desniveles Carriles - Bermas						19) Peladuras por Intemp.		
10) Grietas Longitudinales y Transversales								
Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad (%)	Valor Deducido	
11	H	4,00			50.50	21.96	19.00	
7	L	16,50	10,00	36,30	18.50	8.04	2.00	
19	M	0,97	1,48		125.00	54.35	11.00	
13	L	172,30			8.00	3.48	62.00	
13	M	5,00			5.00	2.17	38.00	

La Tabla 35 nos muestra el Valor Deducido máximo corregido para la Unidad 105 según orden, resultados y el total, en base a ello se calculo el PCI teniendo un rating calificado como “Muy malo”.

Tabla 35

Resultados de “Valor Deducido” máximo corregido para Unidad de Muestra 105

Orden	Resultados					Total	q	C.D.V.
1	62,00	38,00	19,00	11,00	2,00	132,00	5	70,00
2	62,00	38,00	19,00	11,00	2,00	132,00	4	72,00
3	62,00	38,00	19,00	2,00	2,00	123,00	3	75,00
4	62,00	38,00	2,00	2,00	2,00	106,00	2	72,00
5	62,00	2,00	2,00	2,00	2,00	70,00	1	68,00

$$Max\ CDV = 75$$

$$PCI = 100 - 75$$

$$PCI = 25$$

Rating = “Muy malo”

4.2. Evaluación de las fallas aplicando el “Método Rugosímetro Merlín”

4.2.1. IRI Unidad de Muestra 1

La Tabla 36 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 0+000 al KM 0+400 según el formato respectivo.

Tabla 36

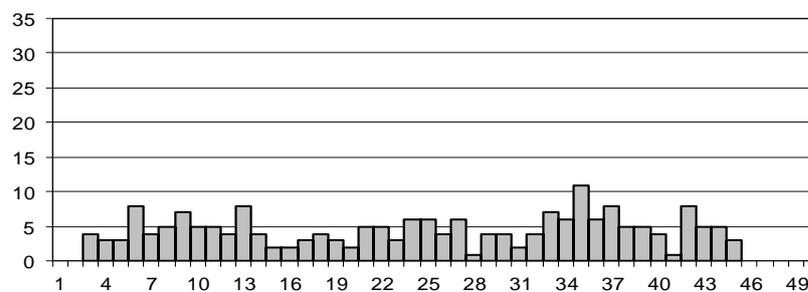
Datos Obtenidos por el Rugosímetro de Merlín KM 0+000 al KM 0+400

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

La figura 15 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 1 según IRI.

Figura 15

Distribución de Frecuencias de la Muestra 1 “IRI”



Cálculo de Rugosidad:

Rango D : 188,000

Rango D Corregido : 101,357
 Rugosidad (m/km) : 5,367 \approx 5,38 IRI

4.2.2. Unidad de muestra 2

La Tabla 37 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 0+400 al KM 0+800 según el formato respectivo.

Tabla 37

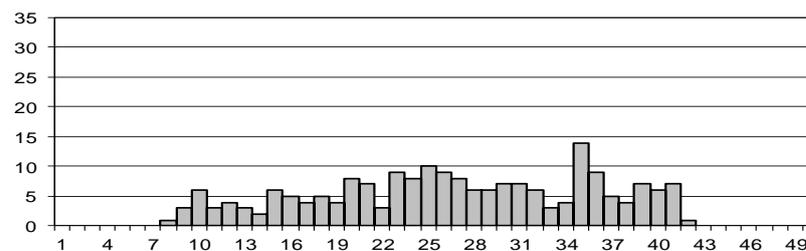
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 0+400 al KM 0+800

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

La figura 16 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 2 según IRI.

Figura 16

Distribución de Frecuencias de la Muestra 2 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D	:	148,333
Rango D Corregido	:	114,958
Rugosidad (m/km)	:	6,008 \approx 6,00 IRI

4.2.3. Unidad de muestra 3

La Tabla 38 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 0+800 al KM 1+200 según el formato respectivo.

Tabla 38

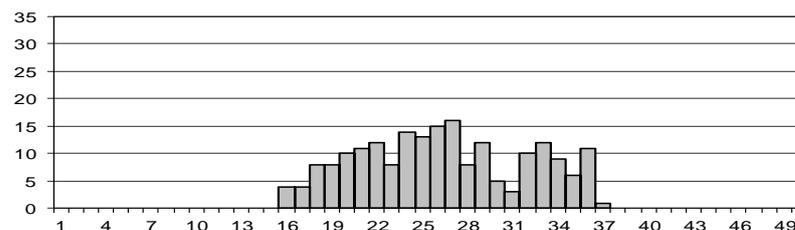
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 0+800 al KM 1+200

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

La figura 17 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 3 según IRI.

Figura 17

Distribución de Frecuencias de la Muestra 3 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D	:	89,659
Rango D Corregido	:	111,177
Rugosidad (m/km)	:	5,829 \approx 5,83 IRI

4.2.4. Unidad de muestra 4

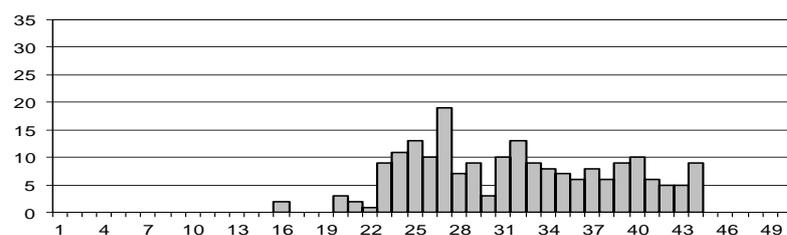
La Tabla 39 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 1+200 al KM 1+600 según el formato respectivo.

Tabla 39
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 1+200 al KM 1+600

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

La figura 18 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 4 según IRI.

Figura 18
Distribución de Frecuencias de la Muestra 4 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D	:	102,889
Rango D Corregido	:	141,758
Rugosidad (m/km)	:	7,270 \approx 7,27 IRI

4.2.5. Unidad de muestra 5

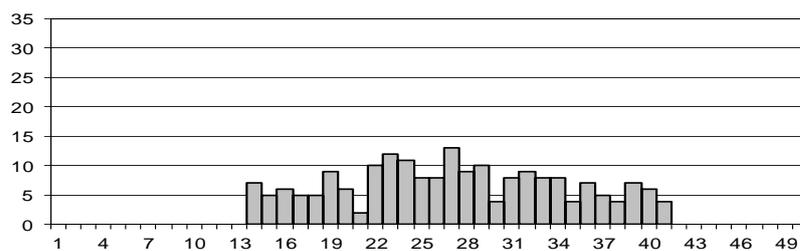
La Tabla 40 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 1+600 al KM 2+000 según el formato respectivo.

Tabla 40
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 1+600 al KM 2+000

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

La figura 19 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 5 según IRI.

Figura 19
Distribución de Frecuencias de la Muestra 5 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D	:	122,000
Rango D Corregido	:	108,057
Rugosidad (m/km)	:	5,682 \approx 5,68 IRI

4.2.6. Unidad de muestra 6

La Tabla 41 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 2+000 al KM 2+400 según el formato respectivo.

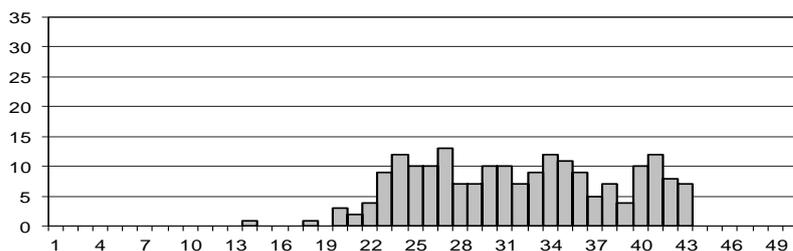
Tabla 41

*Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 2+000 al
KM 2+400*

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

La figura 20 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 6 según IRI.

Figura 20
Distribución de Frecuencias de la Muestra 6 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D	:	99,475
Rango D Corregido	:	94,788
Rugosidad (m/km)	:	5,058 \approx 5,06 IRI

4.2.7. Unidad de muestra 7

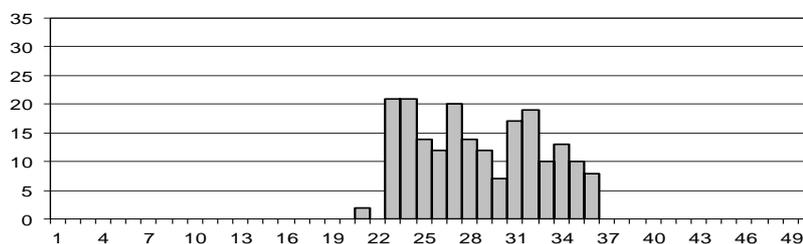
La Tabla 42 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 2+400 al KM 2+800 según el formato respectivo.

Tabla 42
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 2+400 al KM 2+800

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	25	23	26	19	30	21	27	25	24
2	21	20	27	19	25	24	26	25	20	28
3	24	20	28	27	27	26	27	23	22	24
4	20	18	20	15	17	26	24	18	23	23
5	20	22	20	23	28	20	21	20	17	22
6	16	27	18	19	28	15	15	18	28	22
7	27	27	28	22	17	27	18	19	28	24
8	17	16	22	20	27	19	15	20	24	23
9	28	28	19	16	24	25	19	28	17	24
10	16	27	27	19	20	15	23	19	22	25
11	19	24	19	28	18	28	24	17	21	25
12	24	28	26	21	18	27	17	23	18	24
13	27	19	28	19	19	26	15	25	28	27
14	27	19	28	19	19	26	15	25	28	27
15	27	17	23	16	22	18	27	23	25	28
16	27	17	23	16	15	28	25	25	35	15
17	27	17	13	26	15	22	17	18	25	26
18	24	20	17	27	20	24	23	24	23	25
19	26	19	20	16	27	16	17	23	22	28
20	28	19	26	22	16	22	25	23	19	19

La figura 21 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 7 según IRI.

Figura 21
Distribución de Frecuencias de la Muestra 7 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D : 62,095
 Rango D Corregido : 109,997
 Rugosidad (m/km) : 5,774 \approx 5,77 IRI

4.2.8. Unidad de muestra 8

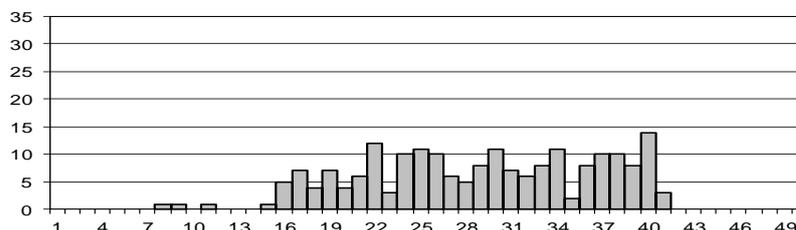
La Tabla 43 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 2+800 al KM 3+200 según el formato respectivo.

Tabla 43
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 2+800 al KM 3+200

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

La figura 22 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 8 según IRI.

Figura 22
Distribución de Frecuencias de la Muestra 8 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D : 116,786
 Rango D Corregido : 103,439
 Rugosidad (m/km) : 5,465 \approx 5,47 IRI

4.2.9. Unidad de muestra 9

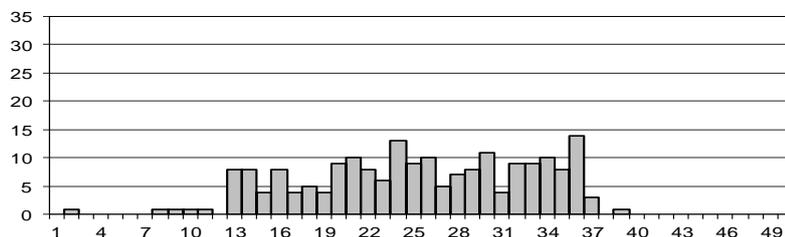
La Tabla 44 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 3+200 al KM 3+600 según el formato respectivo.

Tabla 44
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 3+200 al KM 3+600

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

La figura 23 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 9 según IRI.

Figura 23
Distribución de Frecuencias de la Muestra 9 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D : 114,732
 Rango D Corregido : 129,334
 Rugosidad (m/km) : 6,685 ≈ 6,69 IRI

4.2.10. Unidad de muestra 10

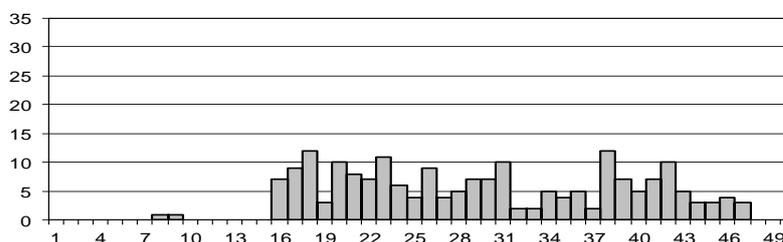
La Tabla 45 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 3+600 al KM 4+000 según el formato respectivo.

Tabla 45
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 3+600 al KM 4+000

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

La figura 24 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 10 según IRI.

Figura 24
Distribución de Frecuencias de la Muestra 10 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D : 139,444
 Rango D Corregido : 101,712
 Rugosidad (m/km) : 5,384 ≈ 5,39 IRI

4.2.11. Unidad de muestra 11

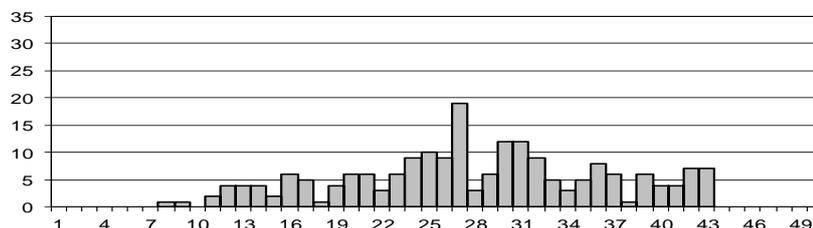
La Tabla 46 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 4+000 al KM 4+400 según el formato respectivo.

Tabla 46
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 4+000 al KM 4+400

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

La figura 25 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 11 según IRI.

Figura 25
Distribución de Frecuencias de la Muestra 11 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D : 145,357
 Rango D Corregido : 128,745
 Rugosidad (m/km) : 6,657 \approx 6,66 IRI

4.2.12. Unidad de muestra 12

La Tabla 47 muestra los datos recabados por el Rugosímetro de Merlín en la progresiva KM 4+400 al KM 4+800 según el formato respectivo.

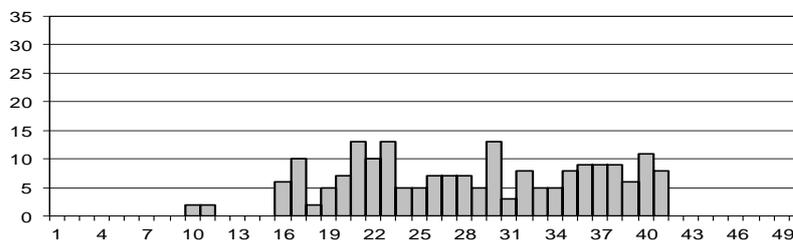
Tabla 47
Datos obtenidos por el Rugosímetro de Merlín 4+400 al KM 4+800

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

La figura 26 nos indica la distribución de frecuencias para la muestra 12 según IRI.

Figura 26

Distribución de Frecuencias de la Muestra 12 "IRI"



Cálculo de Rugosidad:

Rango D : 119,091
 Rango D Corregido : 134,248
 Rugosidad (m/km) : 6,916 ≈ 6,92 IRI

4.3. Resultados discernidos del nivel de servicio "serviciabilidad" de la zona de estudio evaluado.

El nivel de servicio "serviciabilidad" se dedujo haciendo uso de los datos de muestra recabados en el Rugosímetro Merlín. En la tabla contigua, Tabla 48, se puede apreciar el resultado propio correspondiente a cada carril.

Tabla 48

Definición de la serviciabilidad de acuerdo al IRI

Iri	Psi(1)	Psi(2)	Psi(3)	Promedio
5,37	1,88	1,96	1,74	1,86
6,01	1,68	1,73	1,45	1,62
5,83	1,73	1,79	1,53	1,69
7,27	1,33	1,32	0,87	1,18
5,68	1,78	1,85	1,60	1,74
5,06	1,99	2,07	1,88	1,98
5,77	1,75	1,81	1,56	1,71
5,47	1,85	1,92	1,70	1,82
6,69	1,48	1,51	1,14	1,38
5,38	1,88	1,95	1,73	1,85
6,66	1,49	1,52	1,15	1,39
6,92	1,42	1,43	1,04	1,30

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Índice de condición de pavimento (PCI)

Acorde a los datos derivados de los 105 especímenes de muestra se identificaron las diferentes fallas que se mostraron en la carpeta asfáltica de la Av. José de San Martín, considerando que la zona de estudio. Aplicando el método de Pavement Condition Index (PCI), con este procedimiento se determinó la condición del asfalto, en otras palabras, es la condición de preservación de la vía, creándose un recuadro síntesis con la totalidad de resultados conseguidos en campo.

5.1.1. Unidades de muestreo de área total de estudio

En la tabla 49 percibiremos 105 especímenes de muestra clasificadas.

Tabla 49

Unidades de Muestreo fraccionadas para el tramo 1

Area (m ²)	Unidad de muestra	Progresiva	Pci	Rating	
230	1	0	46	27	Malo
230	2	46	92	15	Muy malo
230	3	92	138	13	Muy malo
230	4	138	184	20	Muy malo
230	5	184	230	15	Muy malo
230	6	230	276	25	Muy malo
230	7	276	322	21	Muy malo
230	8	322	368	18	Muy malo
230	9	368	414	28	Malo
230	10	414	460	15	Muy malo
230	11	460	506	12	Muy malo
230	12	506	552	11	Muy malo
230	13	552	598	22	Muy malo
230	14	598	644	12	Muy malo
230	15	644	690	16	Muy malo
230	16	690	736	18	Muy malo
230	17	736	782	43	Regular
230	18	782	828	22	Muy malo
230	19	828	874	16	Muy malo
230	20	874	920	30	Malo
230	21	920	966	32	Malo
230	22	966	1012	29	Malo

Tabla 49 (continuación)

Area (m ²)	Unidad de muestra	Progresiva		Pci	Rating
230	22	966	1 012	29	Malo
230	23	1 012	1 058	27	Malo
230	24	1 058	1 104	27	Malo
230	25	1 104	1 150	36	Malo
230	26	1 150	1 196	31	Malo
230	27	1 196	1 242	33	Malo
230	28	1 242	1 288	20	Muy malo
230	29	1 288	1 334	24	Muy malo
230	30	1 334	1 380	28	Malo
230	31	1 380	1 426	31	Malo
230	32	1 426	1 472	33	Malo
230	33	1 472	1 518	28	Malo
230	34	1 518	1 564	25	Muy malo
230	35	1 564	1 610	31	Malo
230	36	1 610	1 656	40	Malo
230	37	1 656	1 702	22	Muy malo
230	38	1 702	1 748	29	Malo
230	39	1 748	1 794	14	Muy malo
230	40	1 794	1 840	22	Muy malo
230	41	1 840	1 886	20	Muy malo
230	42	1 886	1 932	21	Muy malo
230	43	1 932	1 978	41	Regular
230	44	1 978	2 024	22	Muy malo
230	45	2 024	2 070	13	Muy malo
230	46	2 070	2 116	45	Regular
230	47	2 116	2 162	14	Muy malo
230	48	2 162	2 208	11	Muy malo
230	49	2 208	2 254	42	Regular
230	50	2 254	2 300	7	Fallado
230	51	2 300	2 346	19	Muy malo
230	52	2 346	2 392	20	Muy malo
230	53	2 392	2 438	21	Muy malo
230	54	2 438	2 484	17	Muy malo
230	55	2 484	2 530	26	Malo
230	56	2 530	2 576	27	Malo
230	57	2 576	2 622	11	Muy malo
230	58	2 622	2 668	10	Fallado
230	59	2 668	2 714	12	Muy malo
230	60	2 714	2 760	27	Malo
230	61	2 760	2 806	49	Regular
230	62	2 806	2 852	12	Muy malo
230	63	2 852	2 898	10	Fallado

Tabla 7 (continuación)

Area (m ²)	Unidad de muestra	Progresiva		Pci	Rating
230	64	2 898	2 944	7	Fallado
230	65	2 944	2 990	5	Fallado
230	66	2 990	3 036	28	Malo
230	67	3 036	3 082	26	Malo
230	68	3 082	3 128	24	Muy malo
230	69	3 128	3 174	12	Muy malo
230	70	3 174	3 220	20	Muy malo
230	71	3 220	3 266	17	Muy malo
230	72	3 266	3 312	28	Malo
230	73	3 312	3 358	24	Muy malo
230	74	3 358	3 404	15	Muy malo
230	75	3 404	3 450	20	Muy malo
230	76	3 450	3 496	21	Muy malo
230	77	3 496	3 542	10	Fallado
230	78	3 542	3 588	14	Muy malo
230	79	3 588	3 634	18	Muy malo
230	80	3 634	3 680	27	Malo
230	81	3 680	3 726	13	Muy malo
230	82	3 726	3 772	11	Muy malo
230	83	3 772	3 818	22	Muy malo
230	84	3 818	3 864	20	Muy malo
230	85	3 864	3 910	13	Muy malo
230	86	3 910	3 956	14	Muy malo
230	87	3 956	4 002	8	Fallado
230	88	4 002	4 048	12	Muy malo
230	89	4 048	4 094	22	Muy malo
230	90	4 094	4 140	18	Muy malo
230	91	4 140	4 186	30	Malo
230	92	4 186	4 232	31	Malo
230	93	4 232	4 278	28	Malo
230	94	4 278	4 324	25	Muy malo
230	95	4 324	4 370	18	Muy malo
230	96	4 370	4 416	23	Muy malo
230	97	4 416	4 462	8	Fallado
230	98	4 462	4 508	15	Muy malo
230	99	4 508	4 554	12	Muy malo
230	100	4 554	4 600	11	Muy malo
230	101	4 600	4 646	18	Muy malo
230	102	4 646	4 692	17	Muy malo
230	103	4 692	4 738	17	Muy malo
230	104	4 738	4 784	24	Muy malo
230	105	4 784	4 800	25	Muy malo

5.1.2. PCI de las Unidades muestreo y PCI Promedio

Los especímenes de muestra teniendo en cuenta que fueron selectas 14 muestras del total de 105 especímenes.

La Tabla 50 nos indica el promedio de las unidades de muestra tomadas de las 105 especímenes analizadas en total.

Tabla 50
Promedio PCI de las 105 muestras

Area (m ²)	Unidad de muestra	Progresiva	Pci	Rating	
230	1	0	46	27	Malo
230	9	368	414	28	Malo
230	17	736	782	43	Regular
230	25	1 104	1150	36	Malo
230	33	1 472	1 518	28	Malo
230	41	1 840	1 886	20	Muy malo
230	49	2 208	2 254	42	Regular
230	57	2 576	2 622	11	Muy malo
230	65	2 944	2 990	5	Fallado
230	73	3 312	3 358	24	Muy malo
230	81	3 680	3 726	13	Muy malo
230	89	4 048	4 094	22	Muy malo
230	97	4 416	4 462	8	Fallado
230	105	4 784	4 800	25	Muy malo

Resulta entonces las muestras tomadas son UM-1, UM-9, UM-17, UM-25, UM-33, UM-41, UM-49, UM-57, UM-65, UM-73, UM-81, UM-89, UM-97, UM-105 todas con su PCI propio, en este tramo se consigue que de la totalidad de especímenes de muestra analizadas; se tiene un 43 % con un rating de "MUY MALO", un 29 % con un rating de "MALO", un 14 % con un rating de "REGULAR" y un 14 % de rating de "FALLADO", lo que resultó en un promedio de PCI ponderado en 23, que resulta categorizado como "MUY MALO". También parece que la mayoría de las fallas que se encuentran en esa sección se deben a parches, por huecos y desprendimiento de agregados.

5.2. Rugosidad del pavimento (IRI)

De acuerdo a la información recibida del Rugosímetro Merlín, los datos fueron transferidos a una hoja de cálculo de Microsoft Office y se creó una tabla resumen de Av. José de San Martín.

La siguiente Tabla 51 muestra los resultados del procedimiento de IRI en relación a las progresivas, y al carril correspondiente.

Tabla 51
Cuadro Resumen de Resultados de IRI

Progresiva		Iri
0	400	5,37
400	800	6,01
800	1200	5,83
1200	1600	7,27
1600	2000	5,68
2000	2400	5,06
2400	2800	5,77
2800	3200	5,47
3200	3600	6,69
3600	4000	5,38
4000	4400	6,66
4400	4800	6,92

En la tabla contigua 52, observamos el resultante del procedimiento de IRI en relación a las progresivas señaladas, su estado de conservación.

Tabla 52
Cuadro Resumen de Clasificación del IRI en base a su estado de Conservación.

Progresiva		IRI	Rating
0	400	5,37	Muy malo
400	800	6,01	Muy malo
800	1200	5,83	Muy malo
1200	1600	7,27	Muy malo
1600	2000	5,68	Muy malo
2000	2400	5,06	Muy malo
2400	2800	5,77	Muy malo
2800	3200	5,47	Muy malo
3200	3600	6,69	Muy malo
3600	4000	5,38	Muy malo
4000	4400	6,66	Muy malo
4400	4800	6,92	Muy malo

Estudiando la condición de preservación concluimos, que la Av. José de San Martín muestra una fase de preservación "Muy Malo". Lo que indica la necesidad de realizar un mantenimiento exhaustivo a la carpeta asfáltica y así mejorar la calidad y seguridad de los automóviles.

5.3. Resultados obtenidos para determinar la serviciabilidad del pavimento

La serviciabilidad de la capa de rodadura fue calculada partiendo de la data obtenida del Rugosímetro Merlín, manejando el IRI para las fórmulas del PSI.

Ecuación 5, Fórmula según William Paterson (1987)

$$PSI(1) = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5,5}}} \quad (5)$$

Ecuación 6, Fórmula según Dujisin y Arroyo (1995)

$$PSI(2) = 5,85 - 1,68(IRI)^{0,5} \quad (6)$$

Ecuación 7, Fórmula según William Paterson (1987)

$$PSI(3) = 4,182 - 0,455(IRI) \quad (7)$$

En la tabla 53 vista a continuación se puede ver representado un recuadro relativo a nivel de IRI y PSI, es decir la rugosidad vs serviciabilidad.

Tabla 53
Cotejo del IRI de acuerdo al PSI

Unidad de muestra	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	Promedio
1	5,37	1,88	1,96	1,74	1,86
2	6,01	1,68	1,73	1,45	1,62
3	5,83	1,73	1,79	1,53	1,69
4	7,27	1,33	1,32	0,87	1,18
5	5,68	1,78	1,85	1,60	1,74
6	5,06	1,99	2,07	1,88	1,98
7	5,77	1,75	1,81	1,56	1,71
8	5,47	1,85	1,92	1,70	1,82
9	6,69	1,48	1,51	1,14	1,38
10	5,38	1,88	1,95	1,73	1,85
11	6,66	1,49	1,52	1,15	1,39
12	6,92	1,42	1,43	1,04	1,30

Resultando un PSI promedio total de 1,63

CONCLUSIONES

El pavimento flexible de la Avenida José de San Martín, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, Departamento de Tacna, fue evaluado en el año 2022 mediante el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI). El monto expresado como un valor de 23, el cual se clasifica como "Muy Malo" y concluye que ningún tramo presenta buenas condiciones de paso que supongan un riesgo para el tráfico, los vehículos y los peatones.

Las fallas predominantes evaluadas en la Av. José de San Martín según normativa de categorización, la ASTM D6433, fueron: Patologías por hundimientos (Falla número 4), Falla por parcheos (Falla número 11), Patologías por huecos (Falla N°13), Falla por desprendimiento de agregados (Falla número 19), dichas fallas resultan de severidad media y alta.

Se comprobó que la falla número 11 por parcheo, y la falla número 19, por desprendimiento de agregados, se hallan en severidad alta, media, puesto que, según el Manual de PCI, la conducta de una zona parchada o una zona contigua es desigual a una sección original del asfalto, de forma habitual se hallan ciertas carencias como rugosidades que son coherentes con el deterioro. Asimismo, se comprende que el desprendimiento de agregados se origina en el desgaste del ligante asfáltico y las partículas sueltas de agregado, esto debido a una mezcolanza de escasa calidad.

La rugosidad del firme de la carretera de Av. José de San Martín se midió utilizando un rugosímetro Merlín. El resultado para esta calle fue $IRI = 6,01$ m/km y el estado de conservación era "muy malo". Esto dio los siguientes resultados, a través del IRI, obtenidos en Av. José de San Martín señala el PSI promedio de las vías como $PSI=1,63$, confirmando que la vía evaluada se encuentra en mal estado de conservación según su clasificación.

RECOMENDACIONES

Es recomendable priorizar la restauración integral del pavimento de la Av. José de San Martín, esta carretera ha sido clasificada como "Muy malo" según el método del Índice de Condición del Pavimento, vía suficientemente transitada y el tránsito fluye sin problemas. Además, el objetivo principal es garantizar que todas las carreteras en el Distrito Ite estén alineadas y ofrezcan un servicio cómodo y seguro a los residentes, dado que sirve como ingreso adyacente a todos los vehículos al distrito y también es de vital importancia para el traslado de la cosecha de los agricultores del lateral D y E del Distrito de Ite.

Se encomienda a la municipalidad distrital de Ite, que previamente al retiro del pavimento se tengan los materiales y equipos necesarios a fin de colocarlo al día siguiente y evitar el estacado tránsito por mucho tiempo.

Se recomienda al MEF publicar los trabajos de mantenimiento y el nivel de serviciabilidad de las vías y Publicar el expediente técnico, para así poder llevar un mayor control sobre este tipo de obras que requieren de un mantenimiento rutinario.

Se recomienda a la Municipalidad el mantenimiento rutinario de barrido, sellado de juntas, eliminación de desmonte y otros según las normativas vigentes.

Se sugiere efectuar un repapeo en toda la calzada en investigación habiéndose hallado fallas determinadas y preponderantes como fallas por parcheos, y patologías por desprendimiento de agregados, catalogadas con rigor alto, medio y bajo.

El estudio PCI identificó patologías inducidas por fisuras, patologías por exudaciones y por ello recomienda un nuevo planteo estructural del pavimento y por tanto la selección de materiales adecuados para su construcción, así como el sellado de fisuras en caso de falla inducida por ahuellamientos.

Recomendamos utilizar el Rugosímetro de Merlín porque es fácil de implementar y económico de probar. Facilita la aplicación a todos los pavimentos urbanos y rurales y sirve como solución estándar para la mejora general de carreteras. Debido a que las

carreteras en estudio son adyacentes a la entrada al distrito y los vehículos viajan a una velocidad prescrita. Es de vital importancia un estudio que evalúe el estado de la vía, la transitabilidad para peatones y la usabilidad de los vehículos es esencial para mejorar las carreteras en estudio. Sin embargo, se recomienda ampliar la vía en cuestión para evitar futuros accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, J., & Chambilla, D. (2021). *Evaluación superficial del pavimento en calle Tarapacá tramo ovalo cuzco hasta avenida Gustavo Pinto, distrito de Tacna – 2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Banegas , E., & Riega, M. (2019). *Evaluación de la condición funcional mediante el método del PCI y su estado de rugosidad (ensayo de merlín) de la av. Jorge Basadre Grohmann (L=3.89 km), Tacna 2017*. Tacna: Universidad Privada De Tacna.
- Barrera, K., & Orocollo, H. (2022). *"Evaluación de patologías superficiales, para definir el nivel de serviciabilidad del pavimento en el malecón ribereño - distrito de Moquegua, 2022"*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Cabello, S., & Limonchi, D. (2015). *Análisis e implementación del "ccvns" para el proyecto: corredor vial huancavelica - lircay - emp. pe-3s (huallapampa) y emp pe-3s (la mejorada) -acobamba - emp. pe 3s (puente alcomachay)*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Chávez, A., & Peñarreta, L. (2019). *Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento*. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Gonzales, D. (2018). *Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito*. Santiago de Chile: Universidad Andres Bello.
- Gutierrez, G. (2018). *Aplicación del metodo (roadroid) para la estimación del índice de rugosidad internacional (iri) mediante smartphone*. Oruro-Bolivia: Universidad Tecnica De Oruro.
- Lizana, P. (2021). *Uso del método PCI para la evaluación del pavimento flexible en la Av. Grau, Distrito de Castilla*. Piura: Universidad de Piura.
- Martinez, G. (2020). *Tipos de pavimento. Conoce sus características y clasificación*. Colombia: Ingeniería y Construcción.
- Medina , K., & Mueras, W. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible, utilizando el método pavement condition index (pci) en la avenida cieneguilla del (pci) en la avenida cieneguilla del*. Lima: Universidad San Martín de Porres.

- Miranda, R. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Monsalve, L., Giraldo, L., & Gaviria, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. Armenia: Universidad del Quindío.
- MTC. (2013). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Paredes, V., & Rodríguez, R. (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*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Putra, D., & Suprpto, M. (2018). *Assessment of the road based on PCI and IRI Roadroid Measurement*. Indonesia: Smart Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering for Sustainable Construction.
- Vargas, M., & Limaco, P. (2019). *Análisis comparativo de métodos superficiales PCI y VIZIR aplicados sobre el pavimento en la av. Collpa – tramo av. Costanera hasta el ovalo cuzco de la ciudad Tacna – 2018*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

ANEXOS

Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

"Evaluación de fallas de la calzada, para determinar el nivel de serviciabilidad del distrito de Ite -pampa alta – Tacna, 2022"					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo afecta las fallas de la calzada a la serviciabilidad de la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna?</p>	<p>Objetivo principal</p> <p>Evaluar las fallas superficiales y el nivel de serviciabilidad de la calzada de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna.</p>	<p>Hipotesis general</p> <p>las fallas superficiales y el nivel de serviciabilidad de la calzada de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna; calificando como muy malo.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Evaluación superficial utilizando método PCI.</p>	<p>Evaluación superficial utilizando método PCI</p> <p>Rugosidad de los pavimentos (IRI).</p> <p>Patología del pavimento flexible Clase: Piel de cocodrilo, Bacheos, fisuras longitudinales, etc.</p> <p>Severidad: Alta, media y baja.</p> <p>Cantidad: ml, m² y und.</p>	<p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Descriptiva</p> <p>Diseño de la Investigación: No experimental.</p> <p>Muestra de estudio: Muestra no probabilística a elección del investigador.</p> <p>Toda la carpeta asfáltica de la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuáles son las fallas superficiales que afectan a la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna?</p> <p>¿Cuáles son las fallas superficiales de la calzada que disminuyen la rugosidad de la Avenida José de San Martín del Distrito De Ite, Tacna?</p> <p>¿Cómo mejorar la serviciabilidad de la calzada en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar las fallas superficiales de la calzada que afecta el estado de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna.</p> <p>Determinar las fallas superficiales de la calzada que disminuyen la rugosidad del pavimento en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.</p> <p>Proponer mejoras en la serviciabilidad de la calzada en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.</p>	<p>Hipotesis específicas</p> <p>Las fallas superficiales de la calzada de la Avenida José de San Martín del distrito de Ite, Tacna presentan piel de cocodrilo y fisuras.</p> <p>Las fallas superficiales del pavimento que disminuyen la rugosidad en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.</p> <p>Las propuestas planteadas permiten mejorar la serviciabilidad de la calzada en la Avenida José de San Martín del Distrito de Ite, Tacna.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Variables Dependiente: Serviciabilidad de la calzada.</p>	<p>Cálculo de la transitabilidad (IRI) .</p> <p>Serviciabilidad (Escala nominal: Muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno) .</p> <p>Mantenimiento de pavimento (Tipo de patología).</p>	<p>Técnicas de Recolección de datos:</p> <p>Observación.</p> <p>Formato de campo.</p> <p>Uso del Rugosímetro Merlín Método PCI.</p> <p>Instrumentos</p> <p>Ficha o formulario de observación.</p> <p>Guías de observación y formatos de campo.</p> <p>Reportes del Rugosímetro de Merlín.</p> <p>Reportes del método PCI.</p>