

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“RUGOSIDAD Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASFÁLTICO EN LA AVENIDA 200 MILLAS, TACNA, 2022”**

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

**PRESENTADO POR:
Bach. JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA
Bach. RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA**

**TACNA – PERÚ
2022**

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS:

**“RUGOSIDAD Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ASFÁLTICO EN LA AVENIDA 200 MILLAS, TACNA, 2022”**

**Tesis sustentada el 23 de julio del 2022 estando el jurado calificador
integrado por:**

PRESIDENTE: Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

SECRETARIO: Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO

VOCAL: Mag. ALFONSO OSWALDO FLORES MELLO

ASESOR: Mtro. ELVIRA ALVARADO AMONES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Julio Cesar Calizaya Salamanca, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 47582517.

Yo, Richard Roussbel Vargas Arcaya, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 74473579.

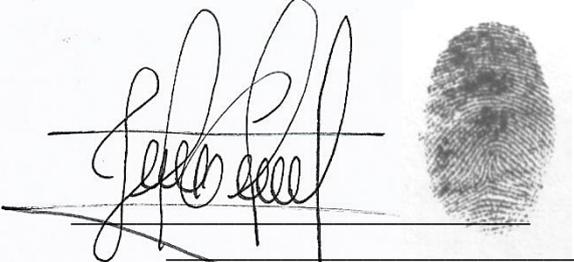
Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:
“Rugosidad y evaluación superficial del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas, Tacna, 2022”
La misma que presentamos para optar el:
Título profesional de Ingeniero Civil
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos

derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento

Tacna, 23 de julio del 2022



Bach. Julio Cesar Calizaya Salamanca
DNI. 47582517



Bach. Richard Roussbel Vargas Arcaya
DNI. 74473579

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a Dios, por su infinita misericordia, a mi querida madre Teodocia quien siempre me acompaño con sus oraciones, a mi querido padre Pablo por sus sabios consejos, a mi pareja de vida Julia por su amor, su compañía y su confianza y a mis hermanos Juan, Brayan, Evelyn y Ruth por sus palabras de aliento.

Bach. Julio Cesar Calizaya Salamanca

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis primeramente a mis padres Yanet y Liborio quienes a pesar de la distancia siempre confiaron en mí y por su apoyo incondicional, a mi pareja Geydie quien me apoyo en toda mi carrera profesional, a mi hermanito Ricardo y mis hermanitas Nicol y Keyli por ser mi motivo de salir adelante esto es por ustedes, a mi familia y docentes por encaminarme a ser un buen profesional.

Bach. Richard Roussbel Vargas Arcaya

AGRADECIMIENTO

A Dios por las bendiciones, por guiar nuestro camino y darnos el discernimiento para sobrellevar las dificultades.

A nuestra Asesora de Tesis Mtro. Elvira Alvarado Amones por su apoyo para la realización del trabajo de investigación.

A nuestros docentes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna por impartirnos sus enseñanzas y experiencias que forman parte de nuestra base que serán de mucha utilidad en el camino profesional.

A mis amigos y compañeros de formación académica universitaria, quienes fueron como unos hermanos, por siempre brindarme su apoyo incondicional.

Bach. Julio Cesar Calizaya Salamanca

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por guiarme en el camino correcto, por llenarme de bendiciones cada día de mi vida.

A mi pareja sentimental Geydie, por todo el apoyo que me brindo en el camino de mi carrera profesional, por su compañía, por siempre pensar en mi crecimiento profesional, personal y espiritual, por ser la persona que siempre me motiva me alienta y me da ese empujón en los momentos más necesitados.

Agradecer a mis padres, hermanas y hermano por formar parte de mi día a día, brindándome su apoyo incondicional y por ser el motivo que necesito para salir adelante.

A mi familia que siempre está presente en cada logro alcanzado, por darme ánimos de salir adelante y por esos consejos constructivos que siempre los tengo en cuenta para superarme profesionalmente.

A mi compañero de tesis, mis amigos y amigas en mi formación académica universitaria, quienes fueron una familia por siempre brindarme su apoyo para lograr nuestras metas.

A la universidad y docentes por el amplio conocimiento compartido y fomentar en nosotros la superación como profesionales

Bach. Richard Roussbel Vargas Arcaya

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis General	4
1.5.2. Hipótesis Específica	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de estudios.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	8
2.1.3. Antecedentes Locales	10
2.2. Bases Teóricas.....	12
2.2.1. Evaluación de Pavimentos.....	12
2.2.2. Importancia de Evaluación de Pavimentos	12
2.2.3. Objetividad en la evaluación de pavimentos	12
2.2.4. Transitabilidad	13

2.2.5.	Índice de Condición del Pavimento	13
2.2.6.	Tipos de Fallas en los Pavimentos	15
2.2.7.	Descripción de las fallas, severidad y forma de medición en los pavimentos flexibles.	15
2.2.8.	Índice de rugosidad internacional (IRI).....	35
2.2.9.	Causas posibles de la rugosidad	36
2.2.10.	Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos	36
2.2.11.	Escalas y características del IRI	37
2.2.12.	Evaluación de la Rugosidad internacional con el rugosímetro de Merlín	38
2.3.	Definición de Términos	43
2.3.1.	Asfalto:	43
2.3.2.	Condición de pavimento:	43
2.3.3.	Conservación vial:	43
2.3.4.	Mantenimiento:	43
2.3.5.	Vía:.....	43
2.3.6.	IRI:.....	43
2.3.7.	PCI:	44
2.3.8.	Fallas del pavimento:.....	44
2.3.9.	Nivel de severidad:	44
2.3.10.	Serviciabilidad:	44
2.3.11.	Superficie del pavimento:.....	44
2.3.12.	Abrasión:	44
2.3.13.	Accidente de tránsito:	44
2.3.14.	Acera:.....	45
2.3.15.	Ahuellamiento:.....	45
2.3.16.	Bache:	45
2.3.17.	Capa asfáltica:.....	45
2.3.18.	Capa de rodadura:.....	45

2.3.19. Evaluación:.....	45
2.3.20. Fisura:	45
2.3.21. Grieta longitudinal:.....	46
2.3.22. Grieta por fatigamiento:	46
2.3.23. Índice de serviciabilidad:.....	46
2.3.24. Infraestructura vial de carreteras:	46
2.3.25. Infraestructura vial pública:	46
2.3.26. Nivel de servicio:	46
2.3.27. Rasante:.....	46
2.3.28. Rugosímetro de merlín:	47
2.3.29. Superficie real:.....	47
2.3.30. Superficie geométrica:	47
2.3.31. Superficie de referencia:.....	47
2.3.32. Tránsito:	47
2.3.33. Transitabilidad:	47
2.3.34. Tratamiento superficial:	47
2.3.35. Trocha carrozable:.....	48
2.3.36. Vida útil:.....	48
2.3.37. Vía urbana:.....	48
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	49
3.1. Acciones y actividades	49
3.2. Materiales y/o Instrumentos.....	49
3.2.1. Materiales.....	49
3.2.2. Instrumentos.....	49
3.3. Tipo y diseño de investigación	49
3.3.1. Tipo de investigación	49
3.3.2. Diseño de la investigación	50
3.4. Población y muestra de estudio	50
3.4.1. Población.....	50

3.4.2. Muestra	51
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
3.5.1. Método del Rugosímetro de Merlín.....	54
3.5.2. Método PCI	57
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	63
4.1. Determinación de la Rugosidad con el método de Merlín	63
4.2. Determinación del índice de condición del pavimento.....	83
4.2.1. Longitud de la unidad de la muestra	83
4.2.2. Unidades de muestra a evaluar	83
4.2.3. Intervalo de unidades de muestra.....	84
4.2.4. Resultados del método del PCI–Avenida 200 Millas	86
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....	116
5.1. Discusión de los resultados de la Rugosidad con el método de Merlín	116
5.2. Discusión de los resultados del método del PCI	116
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES.....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de clasificación del PCI.....	14
Tabla 2. Intervención de acuerdo al PCI	14
Tabla 3. Niveles de severidad de los baches.	29
Tabla 4. Estado vial, según la rugosidad.....	36
Tabla 5. Rangos de clasificación del PCI.....	61
Tabla 6. Longitud de unidades de muestreo asfáltico	83
Tabla 7. Resumen de valores hallados de la vía.....	85
Tabla 8. Unidades de muestra para inspección	85
Tabla 9. Resultados de la rugosidad obtenida con el rugosímetro de Merlín	116
Tabla 10. Resumen de los resultados del PCI	117
Tabla 11. Cantidades totales por el tipo de falla.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Piel de cocodrilo	17
Figura 2. Exudación	18
Figura 3. Agrietamiento en bloque	19
Figura 4. Abultamientos y hundimientos	20
Figura 5. Corrugación	21
Figura 6. Depresión	22
Figura 7. Grietas de borde	23
Figura 8. Grietas de reflexión de junta	23
Figura 9. Desnivel Carril/Berma	25
Figura 10. Grietas longitudinales y transversales.....	26
Figura 11. Parcheo	27
Figura 12. Pulimiento de agregados	28
Figura 13. Huecos o baches	29
Figura 14. Ahuellamiento	30
Figura 15. Desplazamientos	31
Figura 16. Grietas parabólicas	32
Figura 17. Hinchamiento.....	33
Figura 18. Desprendimiento de agregados	34
Figura 19. Escala estándar empleada por el Banco Mundial.....	37
Figura 20. Desviación del perfil del pavimento respecto a la cuerda promedio	38
Figura 21. Intervalos de desviaciones.....	39
Figura 22. Equipo usado - Rugosímetro de Merlín.....	41
Figura 23. Partes del Rugosímetro de Merlín.....	42
Figura 24. Esquema del Rugosímetro de Merlín	42
Figura 25. Vista satelital de la Avenida 200 Millas.	50
Figura 26. Recojo y calibración del rugosímetro de Merlín.....	54
Figura 27. Ubicación del equipo en el punto de partida.....	55
Figura 28. Coordinación previa al inicio del ensayo	55
Figura 29. Toma de datos con el rugosímetro de Merlín	56
Figura 30. Hoja de campo del ensayo de la rugosidad con Merlín	57
Figura 31. Hoja de registro de la evaluación superficial	58
Figura 32. Ejemplo de formato para las obtenciones del máximo valor deducido corregido.....	59

Figura 33. Curva de corrección del valor deducido para los pavimentos asfálticos	60
Figura 34. Datos de campo, carril I – E01	63
Figura 35. Resultados del IRI, carril I – E01	64
Figura 36. Datos de campo, carril I – E02	65
Figura 37. Resultados del IRI, carril I – E02	66
Figura 38. Datos de campo, carril I – E03	67
Figura 39. Resultados del IRI, carril I – E03	68
Figura 40. Datos de campo, carril I – E04	69
Figura 41. Resultados del IRI, carril I – E04	70
Figura 42. Datos de campo, carril I – E05	71
Figura 43. Resultados del IRI, carril I – E05	72
Figura 44. Datos de campo, carril II – E06	73
Figura 45. Resultados del IRI, carril II – E06	74
Figura 46. Datos de campo, carril II – E07	75
Figura 47. Resultados del IRI, carril II – E07	76
Figura 48. Datos de campo, carril II – E08	77
Figura 49. Resultados del IRI, carril II – E08	78
Figura 50. Datos de campo, carril II – E09	79
Figura 51. Resultados del IRI, carril II – E09	80
Figura 52. Datos de campo, carril II – E10	81
Figura 53. Resultados del IRI, carril II – E10	82
Figura 54. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-01	86
Figura 55. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-01	87
Figura 56. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-05	88
Figura 57. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-05	89
Figura 58. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-09	90
Figura 59. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-09	91
Figura 60. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-13	92
Figura 61. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-13	93
Figura 62. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-17	94
Figura 63. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-17	95
Figura 64. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-21	96
Figura 65. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-21	97
Figura 66. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-25	98
Figura 67. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-25	99

Figura 68. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-29	100
Figura 69. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-29.....	101
Figura 70. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-33	102
Figura 71. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-33.....	103
Figura 72. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-37	104
Figura 73. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-37.....	105
Figura 74. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-41	106
Figura 75. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-41.....	107
Figura 76. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-45	108
Figura 77. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-45.....	109
Figura 78. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-49	110
Figura 79. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-49.....	111
Figura 80. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-53	112
Figura 81. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-53.....	113
Figura 82. Hoja de registro de la unidad de muestra UM-57	114
Figura 83. Resultados del PCI de unidad de muestra UM-57.....	115
Figura 84. Unidad de muestra vs PCI	117
Figura 85. Condición de la vía en porcentajes según PCI.....	118
Figura 86. Tipo de fallas en porcentajes	118

RESUMEN

La presente tesis tuvo como finalidad determinar el estado de deterioro del pavimento de la Av. 200 Millas, Tacna; la evaluación de la Rugosidad fue calculado gracias a los datos obtenidos con el método de Rugosímetro de Merlín; y la evaluación superficial que usando el método del PCI que se obtuvo los datos in situ para el cálculo, la comparación de los resultados obtenidos, la determinación del estado en ambos carriles. Existen varios métodos para determinar las condiciones en que se encuentra un pavimento, para esta ocasión se usaron dos métodos uno ya ampliamente conocido, preciso y reconocido por el Banco Mundial Rugosímetro de Merlín. También se usó el Método PCI (Índice de condición de pavimento) el que por juicio de expertos in situ e inspecciones visuales se puede determinar el estado de pavimento según la cantidad, tipo y severidad de las fallas encontradas en la vía. El objetivo de esta investigación es determinar el estado de deterioro en la Avenida 200 Millas Tacna, apoyándonos con las metodologías más conocidas en la evaluación de pavimentos, IRI (Índice de Rugosidad Internacional) y el PCI (Índice de Condición del Pavimento). Una vez concluido con los ensayos en campo y obtenidos los datos, se procedió analizar los resultados obtenidos en cada ensayo, por lo que se concluye que respecto al ensayo con el equipo Rugosímetro de Merlín se obtuvo un estado “Malo” para ambos carriles y en el caso de la evaluación superficial se obtuvo un estado “Muy Malo” de igual manera en ambos carriles. Por lo tanto se puede concluir que en la Avenida 200 Millas, Tacna, presenta un nivel de deterioro alto (severidad) , esto debido a que no se le da un buen mantenimiento a la vía y a la vez están debilitando la carpeta asfáltica con tanto parcheo debido al cambio de las instalaciones sanitarias públicas. Siendo primordial como mínimo un mantenimiento periódico de las fallas encontradas en la avenida ya que es una avenida muy transitada con la existencia de colegios y mercado aledaños a la avenida.

Palabras claves: Índice de Rugosidad Internacional (IRI), Índice de Condición de Pavimento (PCI), Transitabilidad, Rugosímetro de MERLIN, Fallas del Pavimento, Falla Estructural, Falla Funcional, Capa asfáltica.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to determine the state of deterioration of the pavement of Av. 200 Millas, Tacna; the roughness evaluation was calculated thanks to the data obtained with the Merlín roughness meter method; and the superficial evaluation that using the PCI method that obtained the data in situ for the calculation, the comparison of the obtained results, the determination of the state in both lanes. There are several methods to determine the conditions in which a pavement is found, for this occasion two methods were used, one already widely known, precise and recognized by the World Bank Merlín roughness meter. The PCI Method (Pavement Condition Index) was also used, which by the judgment of on-site experts and visual inspections can determine the state of the pavement according to the number, type and severity of the faults found on the road. The objective of this research is to determine the state of deterioration in Avenida 200 Millas Tacna, relying on the best-known methodologies in the evaluation of pavements, IRI (International Roughness Index) and PCI (Pavement Condition Index). Once the field tests were completed and the data obtained, the results obtained in each test were analyzed, so it is concluded that with respect to the test with the Merlín Roughness meter equipment, a "Bad" status was obtained for both lanes and in the case of the superficial evaluation, a "Very Bad" status was obtained in the same way in both lanes. Therefore, it can be concluded that Av. 200 Millas, Tacna, presents a high level of deterioration (severity), this is due to the fact that the road is not well maintained and at the same time they are weakening the asphalt layer with so much patching. due to the change of public toilet facilities. Being essential as a minimum a periodic maintenance of the faults found in the avenue since it is a very busy avenue with the existence of schools and markets surrounding the avenue.

Key words: International Roughness Index (IRI), Pavement Condition Index (PCI), Trafficability, MERLIN Roughness Meter, Pavement Failures, Structural Failure, Functional Failure, asphalt layer.

INTRODUCCIÓN

Las vías pavimentadas tienen una vida útil dependiendo a varios factores como las cargas aplicadas a la misma, volumen de tránsito y como punto importante el diseño empleado, Este diseño permite que el pavimento funcione correctamente durante la vida útil prevista. Sin embargo, existen varias causas por las que no se cumplen los plazos de diseño estimados, entre las que tenemos: defectos de construcción, mal diseño, mayor tránsito de vehículos, mal drenaje, aumento considerable de la población, entre otras. Esto provoca que el pavimento se rompa y aparezcan diversas irregularidades, empeorando el estado de la calzada. Es por esto que es importante aplicar técnicas de mantenimiento y restauración de pavimentos; y para decidir correctamente sobre la aplicación de estos trabajos es necesario conocer el estado del pavimento y las posibles causas del mismo, para ello se utilizarán dos diferentes métodos.

Método para verificar el desgaste de la vía (Rugosidad) según el método de evaluación de rugosímetro de Merlín. Otro método para evaluar el desempeño del pavimento es el "método PCI" (Índice de Condición del Pavimento); Solo a través de la inspección visual se puede determinar el estado de la vía en función del tipo, número y gravedad de los defectos existentes.

La presente tesis tiene como finalidad aplicar el índice de rugosidad y el estado superficial del pavimento en toda la Av. 200 Millas, Tacna y determinar las condiciones en las que se encuentra el pavimento flexible de esta avenida, para luego saber si necesita una intervención de mantenimiento, rehabilitación y/o reparación parcial.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

Cada año el Perú viene experimentando un alto crecimiento en cuanto a la población, infraestructura, comercio, flujo vehicular, etc. Es de gran importancia una óptima infraestructura vial para la integración de estos elementos.

La infraestructura vehicular es de mucha relevancia en el desarrollo socioeconómico de las ciudades, pero la falta de una correcta evaluación del estado del pavimento asfáltico influye en el rápido deterioro que este pueda sufrir. Por lo indicado existe la necesidad de saber el estado de la conservación superficial y de rugosidad del pavimento asfáltico.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el estado de rugosidad y la conservación superficial del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas de la ciudad de Tacna?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son los parámetros de evaluación del estado superficial de la Avenida 200 Millas según la metodología del PCI?
- b) ¿Qué fallas frecuentes se encuentran en el pavimento asfáltico de la Avenida 200 Millas?
- c) ¿Cuáles son los parámetros de evaluación de la rugosidad de la Avenida 200 Millas según el rugosímetro de MERLÍN?
- d) ¿Cómo las fallas superficiales afectan la rugosidad del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas?
- e) ¿Cuáles son los criterios técnicos para la reparación de fallas, con la finalidad mejorar el estado situacional del pavimento?

1.3. Justificación del problema

El estudio de la rugosidad y evaluación superficial será beneficioso para la población que hace uso de la vía por medio de los vehículos de transporte, por cuanto al tener una vía en buen estado se prevendrán los accidentes de tránsito.

Un pavimento en buen estado no genera accidentes de tránsito, reduce el tiempo de traslado de los vehículos, incomodidad al transitar y evita el caos vehicular. La Avenida 200 Millas es una vía de importancia del distrito de Tacna debido a que por ella transitan las empresas de transporte público como privado, como hay existencia de un mercado, colegio y zonas recreacionales las cuales generan bastante tránsito de vehículos y personas. Debido a esto es necesario hacer un análisis constante del pavimento que la conforma y así determinar las acciones de reparación que necesita.

Para realizar una gestión adecuada de las vías urbanas se requiere de varios elementos, entre ellos de un sistema que evalúe el deterioro en el que se encuentran los pavimentos.

El Índice de Rugosidad se debe de tener en cuenta en la elaboración y colocación de un pavimento, esto por ser de carácter obligatorio para la calidad de un pavimento colocado. Para el cálculo de la rugosidad se tiene muchos equipos sofisticados, como también hay equipos sencillos, dentro de ellos destaca uno, reconocido internacionalmente por el Banco Mundial y se destaca por ser preciso "Rugosímetro de Merlín", este nos ayudara a evaluar la rugosidad de un pavimento in situ para luego complementar con el método de evaluación superficial PCI.

La metodología PCI, se presenta como una alternativa estandarizada que, mediante un análisis de los tipos de falla, su severidad y el área que afectan permite clasificar el estado en el que se encuentra la vía y determinar si necesita ser intervenida y, de ser el caso, en qué medida.

La rugosidad, se utiliza como parámetro de control al completar un nuevo proyecto vial o una solicitud de restauración, y para verificar que se cumplan los estándares de calidad del expediente técnico. Incluso las especificaciones dependen del logro de los objetivos, por lo que se decidió desarrollar este ensayo para verificar los estándares de calidad que se deben alcanzar al final de la evaluación a desarrollar.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el estado de rugosidad y la conservación superficial del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas de la ciudad de Tacna

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar los parámetros de evaluación para determinar el estado superficial de la Avenida 200 Millas según la metodología del PCI.
- b) Identificar las fallas más frecuentes del pavimento asfáltico que se encuentran en la Avenida 200 Millas.
- c) Identificar los parámetros de evaluación para determinar el estado de rugosidad en la Avenida 200 Millas según el rugosímetro de Merlín.
- d) Determinar las fallas superficiales que afectan la rugosidad del pavimento asfáltico en la avenida 200 millas.
- e) Formular los criterios técnicos para la reparación de fallas, con la finalidad mejorar el estado situacional del pavimento

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El estado de rugosidad y la conservación superficial del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas de la ciudad de Tacna, es malo.

1.5.2. Hipótesis Específica

- a) La identificación de los parámetros de evaluación según la metodología del PCI determinara el estado superficial del pavimento asfáltico de la Avenida 200 Millas.
- b) Las fallas más frecuentes del pavimento asfáltico que se encuentran en la Avenida 200 Millas son piel de cocodrilo, huecos y grietas
- c) La identificación de los parámetros de evaluación según la metodología de Merlín determina la rugosidad del pavimento asfáltico en estado de conservación malo.

- d) La gravedad de las fallas afecta negativamente la rugosidad del pavimento asfáltico de la Avenida 200 Millas.
- e) Los criterios técnicos para la reparación de fallas, con la finalidad mejorar el estado situacional del pavimento son la reparación por carpeta asfáltica y rehabilitación o reconstrucción parcial.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudios

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según, Amaya C. y Rojas G. (2017) desarrollaron la investigación titulada “Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá”, tuvo como objetivo analizar y evaluar el estado de deterioro del pavimento de la Avenida Boyacá entre calles 26 (Avenida del Dorado) y calle 93A, sentido Sur – Norte, para lo cual se utilizaron las metodologías VIZIR y PCI, donde se consiguieron resultados similares, obteniendo una clasificación promedio general para todo el tramo estudiado. El método PCI tiene una buena clasificación mientras que el método VIZIR tiene una buena clasificación. Si bien estas metodologías indican que el pavimento se encuentra en buenas condiciones, se debe tener en cuenta que los carriles 1 y 2 que conforman el carril de circulación lenta del tramo en estudio necesitan principalmente mantenimiento y, en algún momento, como referencia, deben ser reparados. restaurado en su totalidad, ya que estas líneas pasan por grandes cargas. vehículos y pasajeros. Sin embargo, el mantenimiento en carretera es bueno porque en la mayoría de los waypoints analizados se garantiza un buen confort y una buena seguridad para los ocupantes.

Según, Chávez M. y Pañarreta T. (2019) desarrollaron la investigación titulada “Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento” se determinó la Correlación entre el PCI (Índice de condición del Pavimento) y el IRI (Índice de Rugosidad Internacional) en el sector de la Av. Loja ubicada en la ciudad de Cuenca – Ecuador, su estudio tiene como base el análisis de 86 secciones de 50 metros. El autor llegó a determinar que respecto al PCI, el 45 % y 35 % de las secciones analizadas tienen un estado excelente y el 11 % y 9 % restante tienen un estado aceptable y malo, respecto al IRI dio un resultado de 4,8 m/km el cual lo clasifica como un pavimento en pésimas condiciones de servicio, estropeado y deteriorado, dando una correlación entre PCI y el IRI de -0,79 el cual significa que tienen una relación lineal inversa alta, es decir que el PCI incide directamente en la textura del pavimento rígido. El signo negativo en el resultado quiere decir que mientras el PCI incrementa el IRI disminuye y esto se encuentra descrito por la Ecuación $PCI = -13,325(eIRI) + 156,35$, concluyendo que utilizar el

Roadroid para calcular el eIRI y de esta manera poder encontrar el Índice de condición del Pavimento (PCI).

Según, Pachay (2017) desarrollo la investigación titulada “Evaluación de la condición del pavimento flexible vía de acceso a la parroquia La Unión (0+000 – 0+966) aplicando el método PCI” donde realiza una investigación enfocada en evaluar las fallas que influyen en el deterioro de un pavimento flexible mediante el método de Índice de Condición del Pavimento (PCI), su objetivo es determinar el estado actual de dicha vía y poder mejorar la condiciones de serviciabilidad del pavimento flexible mediante una inspección visual de manera detallada del pavimento, para ello la norma ASTM D6433 indica los tipos de deterioros que se tienen que analizar por metro cuadrado y las causas por las cuales están en esa condición y también mencionan el nivel de severidad que puedan tener el pavimento analizado el cual se dividen en bajo, medio y alto, describiéndolo al nivel bajo como una estructura sin fisuras saltadas o hundidas superficialmente, el nivel medio se describe como una estructura con fisuras que están ligeramente saltadas, por último el nivel de severidad alto se observa una estructura con grietas saltadas, el autor concluye que la vía analizada en Ecuador con base a la norma ASTM presento diferentes tipos de deterioros con partes de la vía con severidades altas y otras bajas con sus diferentes tipos de fallas por lo que logro encontrar la condición final del pavimento flexible el cual fue un estadio en clasificación Muy Malo, para poder en un futuro evitar más propagación de fallas y mejorar su nivel de serviciabilidad hacia la población de dicho sector.

Según, Allende (2017) desarrollo la investigación titulada “Evaluación Comparativa de las Vías: Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Ryaniyoc; según la determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI)” donde busca realizar una evaluación comparativa entre 4 vías diferentes en la ciudad de Cusco, primero analizo el Índice de Condición del Pavimentó y luego el Índice de Rugosidad Internacional, luego se procesaron los resultados para poder encontrar su grado de serviciabilidad de las 4 vías en dicha región. Llego a la conclusión de su investigación donde menciona que el IRI y PCI varían numéricamente puesto que el IRI es mucho menor que el PCI los cuales son mayores, en una de las vías analizadas la cual fue Shapi – Saqsaywaman donde el PCI tiene una condición de muy malo con un valor igual a 23,50, en cambio el IRI arroja una rugosidad muy buena con un valor de 2,72, por lo cual concluyen que no existe una relación numérica entre ambos Índices, a la vez indican que en tema de costo para su análisis el IRI es mucho mayor que el PCI, pero en lo que respecta a tiempo el PCI es 3 veces mayor respecto al IRI por el cual

se recomienda hacer el análisis del PCI para tramos cortos por motivos de tiempo y costos, por otro lado el PCI tiene valores conservadores ya que analiza los tipos de fallas y se clasifica con respecto a su serviciabilidad mientras que el IRI solo analiza la homogeneidad del pavimento y no determina las otras fallas de la vía evaluada.

Según Tacza E. y Rodríguez B. (2018) desarrollaron la investigación titulada “Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado” tuvo como objetivo aplicar el método PCI y determinaron que existían 8 tipos de daños en la vía de estudio, listados por grado de influencia: Grietas de piel de cocodrilo (20 %), Grietas transversales - longitudinales (18 %), huecos (17 %), ahuellamiento (14 %), desplazamiento (14 %), Desprendimiento de agregados de agregados (9 %), depresiones (7 %) y agrietamiento en bloque (2 %). El valor de PCI de la ruta de estudio es de 57, este valor se ubica en el punto B del deterioro de la superficie vial denominado Área de Mejoramiento Óptimo; por lo tanto, se necesitan intervenciones inmediatas para evitar un deterioro cada vez mayor. Las intervenciones sugeridas corresponden a mantenimientos menores; se realizan en áreas localizadas y se clasifican según los siguientes trabajos: sellado, sellado superficial, parcheo superficial y parcheo profundo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Garay, A. y Jacinto J. (2021) “Evaluación del pavimento flexible utilizando el PCI y Índice de Rugosidad, en las Avenidas. Aviación y Juan Velasco con Prolong. Buenos Aires, Chimbote – Ancash – 2021”, tuvo como objetivo La evaluación de pavimento flexible por los métodos PCI e índice de rugosidad en la Av. Aviación y la Av. Juan Velasco con Prolong. Buenos Aires, Chimbote - Ancash - 2021. Se trata de investigación aplicada. El nivel de aplicación es descriptivo con un diseño no experimental. Las dimensiones que presenta la muestra para este estudio incluyen una calle de doble sentido, con una longitudinal de 3000 m, de ancho de calzada de 12,40 m y una superficie total de 37200 m². Las diversas pruebas que respaldan este estudio se basan en las disposiciones de la norma ASTM D633-33. Índice de Condición de Pavimento (PCI), Merlín y MTC E-101 Rugosímetro Merlín y el Manual de Carreteras y Materiales.

Los objetivos planteados en la investigación se lograron al realizar una evaluación externa y estructural del pavimento, aplicando el método PCI y el índice de rugosidad, para su posterior procedimiento, tanto en PCI como en índice de

rugosidad. buscamos el Índice de Corriente de Servicio (PSI), los resultados se encuentran que la condición del pavimento es tan regular como de rango 2.

Según Aranibar M. y Zaavedra K. (2019) la presente tesis “Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) en la vía principal Izcuchaca – Huarcocondo”, tuvo como objetivo determinar la condición del pavimento flexible de la vía Izcuchaca - Huarcocondo, aplicando los métodos del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Para llevar a cabo esta investigación, se realizó un diagnóstico visual de daños en 26 unidades de muestra PCI, con base en la norma ASTM D633 – 07.

Donde en los trabajos de campo se realizó un inventario de todas las fallas presentes, registrándolas y anotando su severidad y cantidad, se usó instrumentos de medición como son el odómetro, regla milimétrica, cinta métrica y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos. Se utilizó el rugosímetro de Merlín para medir la regularidad superficial del pavimento, realizando 50 ensayos que se basan en la norma del ASTM E867-06. En el trabajo que se hizo en campo se tomó los datos de las elevaciones y depresiones que adopta el punto del rugosímetro de Merlín en su tablero. Donde se obtuvo un PCI de 19,5 que da a conocer que el pavimento evaluado se encuentra en el rango de “MUY MALO” y un IRI de 4,90 m/km (carril derecho) y 4,48 m/km (carril izquierdo), lo cual da a conocer que se encuentran en el rango de “malo”. Como aporte de la investigación se tiene que el tipo de intervención necesaria a realizar es de la “RECONSTRUCCIÓN”.

Según Carhuapoma J. (2019) “Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLÍN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca-2019”, tuvo como objetivo de la investigación evaluar el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca en el año 2019, el cual se pudo realizar mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) y el índice de serviciabilidad presente (PSI), los datos de campo se recolectaron con el equipo denominado rugosímetro MERLÍN, para posteriormente mediante cálculos matemáticos y estadísticos se puede obtener el IRI y el PSI los cuales clasifican el nivel de servicio de la carretera en estudio.

Para lograr el objetivo de la investigación se realizaron trabajos de topografía para tener un mejor conocimiento de la carretera, y para la ubicación de los tramos de ensayo, y puntos de conteo de tráfico. El estudio de tráfico arrojó que la carretera es de clase 3 teniendo un IMDA de 342 veh/día, del cálculo del nivel de servicio se obtuvo para el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca un

índice de rugosidad internacional (IRI) de 3,78 m/km e índice de serviciabilidad presente (PSI) de 2,65 clasificándolo según el MTC en un nivel de servicio regular. Además, se identificaron que se tiene IRI de hasta 9,60 m/km y PSI 0,87, considerados en un nivel de servicio muy malo.

2.1.3. Antecedentes Locales

Según Mamani B. y Vallejos H. (2020) “Cálculo de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la av. Juan Moore, tramo: calle argentina – calle precursores, Tacna - 2020”

El trabajo de investigación analiza las fallas presentes y la rugosidad en el pavimento flexible en la avenida Juan Moore, evaluando un tramo que se encuentra en el distrito Alto de la Alianza y otro tramo en el distrito de Ciudad Nueva, tiene la longitud aproximada de 1.900,00 metros y un ancho de calzada de 7,20 metros. El objetivo de la investigación es calcular la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la Avenida Juan Moore en el tramo entre la Calle Argentina y la Calle Precursores, mediante el uso del rugosímetro de MERLÍN se determina que la Rugosidad del carril derecho es igual a 7,9865 m/km, y en el carril izquierdo es igual a 7,15425 m/km, por lo que el Índice de Regularidad Internacional (IRI), ponderado de la vía investigada es igual a 7,57 m/km, calificando al estado del pavimento como Malo. Por otro lado, se obtiene un índice de condición de las 12 unidades de muestreo más 4 unidades de muestreo adicional, Índice de Condición del Pavimento (PCI) ponderado igual a 26,60, calificando una condición Malo y para definir la transitabilidad se calcula el $PSI = 1,26$ en base al IRI ponderado, calificación; “Transitabilidad Mala”. Se concluye que de acuerdo a los resultados del IRI y PCI, se determina que la rugosidad y el estado de condición son Malos, por lo que el pavimento tiene problemas o deficiencias en la transitabilidad. Y los resultados de la rugosidad de ambos carriles, considerando su ponderado obtenido del IRI, el índice de condición que califica el estado de pavimento y la transitabilidad, como pavimento malo y la transitabilidad mala.

Según Medina R. y Farro D. (2017) “Evaluación Superficial y de Rugosidad del Pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, Tramo Ovalo Transportes – Ovalo Cuzco, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Tacna – 2017” tuvo como objetivo la existencia de similitud de resultados, a partir de la evaluación de la Av. Circunvalación Oeste, Tramo Ovalo Transportes - Ovalo Cuzco, Distrito Tacna, Provincia Tacna, Tacna; calcule la rugosidad de la superficie de la carretera según el método de rugosímetro de MERLIN y evalúe la superficie según el método PCI, la diferencia de los resultados

obtenidos, compare la uniformidad de la superficie de los dos carriles. Ambos métodos miden la evaluación de la superficie y así lograr el estado del pavimento, el rugosímetro MERLIN es ampliamente conocido y utilizado en nuestra región y según el Banco Mundial es aprobado por el Banco Mundial considerado el dispositivo más preciso y recomendado para calibrar otro dispositivo. Y es el método PCI, que calcula con detalle toda la superficie de la calzada. Para realizar esta investigación se analizó la regularidad de la superficie de la Av. Circunvalación Oeste, Tramo Ovalo Transportes - Ovalo Cuzco, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Carretera Tacna, medido con rugosímetro MERLIN y evaluación superficial realizada por método PCI, luego se realiza el procesamiento de datos para obtener los resultados y su posterior análisis.

Se concluye que los resultados obtenidos para el rugosímetro MERLIN y la evaluación de apariencia PCI nos dan un estado "Malo" de los dos carriles, siendo el carril derecho el más importante. Por lo tanto, los daños superficiales de la zona de estudio se puede concluir que suelen ser de alta severidad, la principal causa del deterioro se debe al inadecuado mantenimiento de las vías, por lo tanto el bajo mantenimiento, solo repara las áreas dañadas a la vista. Es necesario su correspondiente mantenimiento ya que es una de las vías más transitadas de la ciudad y comunicada de principio a fin.

Según Aguirre J. y Chambilla D. (2021) "Evaluación superficial del pavimento en calle Tarapacá tramo Ovalo Cuzco hasta Avenida Gustavo Pinto, Distrito de Tacna - 2021"

En el presente trabajo de investigación 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 Ovalo Cuzco – av. Gustavo Pinto, distrito de Tacna, provincia de Tacna, la cual consta de una longitud aproximada de 2450 metros y un ancho de calzada de 6,00 metros.

Como objetivo de la investigación es realizar la evaluación superficial del Pavimento Flexible para determinar el estado de deterioro, en Calle Tarapacá Tramo Ovalo Cuzco hasta Avenida Gustavo Pinto, apoyándonos de la metodología PCI e IRI.

Como resultado de usar la metodología PCI se obtuvo un índice de condición de las 16 unidades de muestreo igual a 45,60, por tal motivo se le considera REGULAR, por otro lado, mediante el uso del rugosímetro de MERLÍN se calculó la rugosidad del carril izquierdo igual a 6,37 m/km, y el carril derecho igual a 7,04 m/km, obteniendo el IRI promedio de la vía estudiada igual a 6,70 m/km, considerando un estado de pavimento "MALO". Concluimos que los resultados obtenidos con respecto

a la evaluación superficial mediante el PCI nos dan un estado “REGULAR” y al Rugosímetro de MERLÍN nos da un estado “MALO”

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Evaluación de Pavimentos

La evaluación del pavimento es sustentada mediante ensayos e informes, que presenta el estado de la superficie y su estructura para que se puedan tomar las medidas de reparación y mantenimiento necesarias. El propósito de la evaluación es determinar cómo intervenir en el pavimento para prolongar la vida útil. La importancia de la valoración radica en poder saber cómo se van presentando los daños en la superficie a lo largo del tiempo, y así realizar las correcciones, proporcionando así al usuario una óptima serviciabilidad. De igual forma, mediante la realización de evaluaciones periódicas del pavimento, será posible predecir la vida útil del proyecto. Finalmente, la evaluación del pavimento también optimizará los costos de renovación, ya que, si el deterioro se trata temprano, su vida se extenderá, lo que resultará en un mayor ahorro de costos.

En tal sentido, mediante la evaluación del pavimento se puede conocer la condición del pavimento y establecer medidas correctivas, al tiempo que ahorra costos y cumple con los objetivos de diseño en base a la serviciabilidad.

2.2.2. Importancia de Evaluación de Pavimentos

La evaluación del pavimento es muy importante, porque nos ayudara a conocer la degradación de la superficie a lo largo del tiempo y a partir de ahí hacer ajustes para brindar una serviciabilidad óptima al usuario.

Al realizar evaluaciones periódicas del pavimento, es posible predecir la expectativa de vida de una red o proyecto.

Una evaluación de la acera también optimizará los costos de renovación, porque si el deterioro se aborda temprano, su vida se extenderá, lo que resultará en un mayor ahorro de costos.

2.2.3. Objetividad en la evaluación de pavimentos

La objetividad en las evaluaciones de pavimentos juega un papel fundamental, porque se debe capacitar al personal para realizar las evaluaciones, de lo contrario

estas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y volverse incomparables, además, es importante que elija un modelo de evaluación estandarizado para poder decir que se ha hecho una evaluación verdaderamente objetiva.

No siempre es posible obtener métricas o indicadores adecuados comparando dos proyectos debido al sesgo intrínseco en la toma de decisiones, lo que crea una discrepancia entre la realidad y lo que representa la muestra. La desviación puede ocurrir debido a dos razones principales.

- a) Variación de unidades, ya que las unidades son la base de los análisis realizados.
- b) La diversidad de la respuesta en cada unidad, porque está ligada a la fiabilidad de la rehabilitación parcial.

2.2.4. *Transitabilidad*

Se define como situación de "disponibilidad de uso". Muestra que una vía en particular está disponible para su uso, es decir, no ha sido cerrada al transporte público debido a "emergencias de tránsito" que han sido cortadas en uno o más puntos a lo largo de la ruta, debido a la degradación severa causada por las fuerzas de la naturaleza, tales como deslizamientos de materiales saturados de agua ("huaicos"), desprendimientos de rocas, pérdida de lechos de carreteras, erosión fluvial, caída de puentes, etc. Por ejemplo, este tipo de problema es el que tiene mayor impacto en la vida de las personas en el país y se presenta especialmente durante la temporada de lluvias.

2.2.5. *Índice de Condición del Pavimento*

El PCI se constituye una amplia metodología, se resalta por ser una de las más objetivas en la evaluación y calificación de pavimentos rígidos y flexibles, dentro de los modelos que existen de gestión vial actualmente.

La evaluación e interpretación del ensayo es sencilla no se necesitan herramientas especializadas y/o de obligatoriedad personal especializado.

Eventualmente se hacen las evaluaciones de los daños en campo con bastante rigor ya que las patologías representadas en la vía evaluada suelen ser de diferente severidad, como también podemos encontrar algunas que no serán consideradas por condiciones locales o ajenas a la evaluación.

El "PCI" varía de 0 a 100 donde 0 para un pavimento significa "Fallado" y 100 para un pavimento "Excelente" en perfecto estado. En la Tabla 1 se aprecian los

rangos del “PCI” con la respectiva clasificación de la condición en la que se encuentra el pavimento. (Vazques.L.,2002)

Tabla 1

Rango de clasificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Nota. De acuerdo a los rangos PCI establecidos se determinará la clasificación del pavimento asfáltico. Fuente: Vásquez (2002)

La forma de cálculo del “PCI” se respalda de una exhaustiva evaluación visual del estado del pavimento en el cual se considera la CLASE, SEVERIDAD y la CANTIDAD de cada de cada falla encontrada en campo. Este método de evaluación se desarrolló para obtener la condición de servicio de la superficie como también para obtener el índice de la integridad estructural. Los datos obtenidos de las fallas en el pavimento nos sirven para darnos cuenta de los daños y sus posibles causas que van relacionado con las cargas aplicadas al pavimento o los efectos naturales como el clima. En la tabla 2 se puede observar el tipo de intervención necesaria de acuerdo al PCI obtenido.

Tabla 2

Intervención de acuerdo al PCI

P.C.I.	Estado	Intervención
0 - 30	Malo	Reconstrucción
31 - 70	Regular	Rehabilitación
71 - 100	Bueno	Mantenimiento

Nota. Según el PCI se puede obtener el estado y el tipo de intervención correspondiente. Fuente: Shahin (2005)

2.2.6. Tipos de Fallas en los Pavimentos

Las fallas en los pavimentos pueden ser divididas en dos grandes grupos que son fallas de superficie y fallas en la estructura que por su composición y estado se van a clasificar en su grupo correspondiente.

- **Fallas Superficiales**

Estas fallas, son errores que preceden desde el diseño del pavimento que con el tiempo llegan a ser más notorias y severas a la vista y distinguibles según su afloramiento a la superficie.

Para su mantenimiento y reparación de estas fallas, solo se tendrá que intervenir la superficie de la capa de rodadura devolviéndole la impermeabilidad y la rugosidad del pavimento colocado.

- **Fallas Estructurales**

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento del pavimento, cuyo origen es una falla del pavimento en su estructura de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones, impuestas por el tránsito y todos los factores ambientales

Para remediar este tipo de deterioro, se requiere reforzar el pavimento existente para que el conjunto estructural cumpla con los requisitos del tránsito actual y futuro proyectado.

2.2.7. Descripción de las fallas, severidad y forma de medición en los pavimentos flexibles.

Las fallas son el resultado de interacciones complejas entre el diseño, los materiales, la construcción, el tráfico de vehículos y el medio ambiente. Estos factores combinados contribuyen al deterioro del pavimento, que se ve agravado por el mantenimiento inadecuado de las vías.

Hay dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Los primeros son los que provocan un deterioro estructural del pavimento, lo que reduce la cohesión de las capas y afecta a su comportamiento frente a las cargas externas. Por su parte, los fallos funcionales afectan a la transitabilidad, es decir, a la calidad aceptable de la superficie de vía, la estética de la pista y la seguridad que proporciona al usuario.

Para los pavimentos flexibles, los daños se pueden agrupar en 4 categorías:

- **Fisuras y grietas:** en esta categoría encontramos, las fisuras en bloque, la piel de cocodrilo, las fisuras de reflexión de junta, las fisuras de borde, las

fisuras longitudinales y transversales, y las fisuras parabólicas o por deslizamiento.

- Deformaciones superficiales: en esta categoría encontramos, Abultamiento y hundimientos, Depresión, Corrugación, Ahuellamiento, Deslizamiento, Hinchamiento.
- Desintegración de pavimentos o desprendimientos: en esta sección encontramos a los Baches, Peladuras por intemperismo y desprendimiento de agregados.
- Otras fallas: Exudación, Agregado pulido, Desnivel carril – berma, Parches.

A continuación, se describirá las fallas que son las más comunes que afectan a los pavimentos flexibles, que también se tienen en cuenta en el método PCI. También se describen tres niveles de severidad: bajo (L), moderado (M) y alto (H); corresponden a cada tipo de falla y muestran el efecto de estas fallas en la calidad del tráfico. Además, también se indica la unidad de medida por la cual se deben evaluar las fallas durante la evaluación superficial.

a. Piel de Cocodrilo

La falla Piel de Cocodrilo son las grietas interconectadas que se dan por la fatiga de la capa de rodadura que están en acción ante las cargas de tránsito, este agrietamiento se da en el fondo de la base estabilizada donde las deformaciones son mayores bajo la carga de las ruedas.

Primero las grietas se dan en forma longitudinal luego sin la acción necesaria de mantenimiento estas llegan a conectarse formando polígonos que se asemejan a la piel de cocodrilo y de ahí el nombre, el lado más grande las piezas no es mayor a 0,60 m.

Esta falla generalmente se da en áreas del pavimento que están con constante aplicación de carga por donde va repetidas veces la huella de llanta. Por ende, no se produce en toda el área a menos que la carga se aplique en toda la extensión.

La piel de cocodrilo viene acompañada usualmente por el ahuellamiento, se considera como falla estructural.

Figura 1

Piel de cocodrilo



Nota. En la imagen se puede apreciar las fisuras interconectadas de la piel de cocodrilo

Niveles de severidad

- L (Low: Bajo): Son grietas longitudinales finas que se desarrollan paralelas, con unas pocas o ningunas grietas interconectadas. Las grietas no se encuentran descascaradas, no hay presencia de rotura del material.
- M (Medium: Medio): Es un patrón o redes de grietas que se encuentran ligeramente descascaradas.
- H (High: Alto): Las redes o patrones de las grietas ha evolucionado de tal manera que las piezas o pedazos se encuentran bien descascarados y definidos en los bordes. Bajo el transito algunos pedazos se mueven.

Medida

La unidad de medida es en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Si coexiste varios niveles de severidad, deben ser registrados separadamente siempre y cuando puedan ser distinguidos con facilidad. De no ser posible se calificará con la mayor severidad presentada. (Vázquez, 2002)

b. Exudación

El exudado es una, capa de material bituminoso sobre la superficie del pavimento que forma una superficie de cristal reflectante brillante, a menudo pegajosa. La exudación es causada por exceso del asfalto en la mezcla como se observa en la figura 2, y el uso excesivo de un sellante asfáltico. Esto ocurre cuando el asfalto llena los espacios en la mezcla a altas temperaturas ambientales y luego

se expande en el pavimento. El proceso de la exudación no se puede revertir cuando el clima es frío y el asfalto se acumula en la superficie.

Figura 2

Exudación



Nota. Afloramiento del exceso de asfalto.

Niveles de severidad.

- L: Ocurrió en grado ligero detectable durante unos días al año, el asfalto no se adhiere a las llantas o vehículos.
- M: Ocurrió en un grado leve durante una cierta temporada (pocas semanas al año), el asfalto ya se adhiere a los zapatos o vehículos
- H: Ocurrió en gran magnitud en varias semanas del año y ya se adhiere (pega) a los zapatos y vehículos.

Medida

Su unidad de medida es en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. (Vásquez,2002)

c. Agrietamiento en bloque

El agrietamiento en bloque son grietas interconectadas denotados en pedazos generalmente rectangulares, donde los bloques tienen tamaños desde 0,30 m x 0,30 m hasta 3,00 m x 3,00 m. Estas se dan mayormente por la contracción de la carpeta asfáltica, conjuntamente con la acción de la temperatura diaria. Para que ocurra el agrietamiento como se muestra en la figura 3, en el bloque el asfalto se tuvo que endurecer por lo que no está asociado a las cargas.

Figura 3

Agrietamiento en bloque



Nota. Comportamiento falla agrietamiento en bloque.

Niveles de severidad.

- L: Los Bloques se encuentran definidos en “baja severidad” de grietas.
- M: Los Bloques se encuentran definidos en “media severidad” de grietas.
- H: Los Bloques se encuentran definidos en “alta severidad de grietas”.

Medida

Su unidad de medida es en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada. Por lo general, un segmento de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, todas las subáreas de pavimento de diversa gravedad deben medirse y registrarse por separado. (Vásquez,2002)

d. Abultamientos y Hundimientos

Los abultamientos son los desplazamientos que se dan de manera leve verticalmente hacia arriba de la superficie del pavimento. Son diferentes a los desplazamientos ya que este se da por pavimentos inestables. El abultamiento se da por varias causas y/o factores como expansión por congelación de la capa de rodadura, infiltración y elevación por las cargas de tránsito.

Los hundimientos son los desplazamientos que se dan hacia abajo de la superficie del pavimento causando depresiones las llamadas ondulaciones tal como se observa en la figura 4.

- Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.

Figura 4

Abultamientos y hundimientos



Nota. Comportamiento del abultamiento y hundimiento.

- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
- Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito.

Niveles de severidad

- L: originan que la calidad del tránsito sea de una severidad baja.
- M: originan que la calidad del tránsito sea de una severidad media.
- H: originan que la calidad del tránsito sea de una severidad alta.

Medida

Su unidad de medida es en pies lineales (o metros lineales) de longitud afectada. Si llegara a aparecer con un patrón perpendicular al sentido del tránsito y están distanciadas a menos de los 3,0 m, el daño se llamará corrugación. (Vásquez,2002)

e. Corrugación

Denominada también como “lavadero”, comprendida por cimas y depresiones muy cercanas que suceden en regulares intervalos como se observa en la figura 5, generalmente dentro de los 3,0 m. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito de los vehículos. Generalmente este tipo de falla es causado por la acción del tránsito de los vehículos que se combinada con una carpeta asfáltica o una base que son inestables. Si los abultamientos suceden en una serie con una distancia

menor a 3,0 m entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denominará como corrugación.

Figura 5

Corrugación



Nota. Comportamiento de la capa ante la corrugación.

Niveles de severidad

- L: Calidad de tránsito regular, aun no se siente la corrugación “baja severidad”
- M: Calidad de tránsito incomoda, se siente la corrugación más en los puntos medios donde va empeorando “severidad media”
- H: Calidad de tránsito pésima, se siente la corrugación y las ondas hacen saltar al tránsito por lo que genera un tránsito lento “severidad alta”

Medida

La unidad de medida de las corrugaciones u ondulaciones se dan en metros cuadrados “m²” o en pies cuadrados “p²”. (Vásquez,2002)

f. Depresión

La depresión se denota como un desnivel hacia abajo en cuanto a la capa de rodadura, estos forman ondulaciones planas del pavimento, según su severidad algunas no son visibles, por lo que se pueden apreciar en tiempos de lluvia o aplicando agua sobre la capa, es así como se pueden ubicar estas depresiones en la vía para la medición correspondiente. Estas depresiones se dan por el asentamiento de la subrasante o por un mal diseño al momento de la construcción. En tiempos de lluvia se forman charcos de agua, generando el hidroplaneo

incontrolado, no considerado hundimiento por que la diferencia es el nivel en ambos, mientras que en las depresiones son leves en los hundimientos son bruscos.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel tal como se observa en la figura6.

Figura 6

Depresión



Niveles de severidad.

Máxima profundidad de la depresión:

- L: 13,0 a 25,0 mm.
- M: 25,0 a 51,0 mm.
- H: Más de 51,0 mm.

Medida

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada.
(Vásquez,2002)

g. Grietas de borde

Estas se encuentran paralelas al borde de la vía como se observa en la figura 7, se empeora la falla con el peso que produce el tránsito, esto debido a varios contribuyentes que debilitan el pavimento cerca de la zona borde con la berma como puede ser el cambio climático, los movimientos sísmicos y entre otros que actúan directamente con el pavimento. La contabilización de la grieta se puede calificar de la forma en cómo se desplaza o a veces se forman en pedazos.

Figura 7*Grietas de borde*

Niveles de severidad.

- L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.
- M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.
- H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Medida

La unidad de medida es en pies lineales (ó metros lineales) de área afectada.
(Vásquez,2002)

h. Grietas de reflexión de junta

Esta falla se caracteriza por ser una superficie asfáltica construida sobre una losa de concreto (cemento portland) como se observa en la figura 8. No se considera grietas de reflexión con otro material. Estas grietas de reflexión de junta se dan generalmente por el desplazamiento de la losa de concreto, esto debido a la humedad debajo de la superficie de concreto. Esta falla no se relaciona con las cargas, pero esta puede ocurrir la rotura de la losa de concreto cerca de una grieta.

Figura 8*Grietas de reflexión de junta*

Niveles de Severidad

- L: Una de las siguientes condiciones está presente en la falla:
La grieta está sin relleno y es de ancho menor que 10,0 mm, o la Grieta está rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).
- M: Una de las siguientes condiciones está presente en la falla:
La grieta no presenta relleno con ancho comprendido entre: 10,0 mm y 76,0 mm.
Grieta sin relleno de cualquier ancho, hasta 76,0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
La grieta no presenta relleno, de cualquier ancho, está rodeada de un agrietamiento aleatorio ligero.
- H: Una de las siguientes condiciones está presente en la falla:
La grieta es rellena como también no, hay agrietamiento a su alrededor de severidad media o alta de ancho 10 mm a 76,00 mm.
Las grietas no tienen relleno y son de más de 76,00 mm de ancho.
Grietas de ancho variable, donde generalmente a hay varias grietas severamente fracturadas.

Medida

La unidad de medida de las grietas por reflexión de junta es en metros lineales “ml” o pies lineales del área afectada. Estas deben anotarse por separado por su longitud o nivel de severidad. En caso de presentarse abultamientos en las grietas de reflexión de juntas, se debe considerar también. (Vásquez,2002)

i. Desnivel Carril / Berma

Esta falla comprende el desnivel ya sea de una u otra, entre el carril del pavimento y la berma. Se da por el desgaste o asentamiento de la berma con respecto al carril, también se da por la colocación de sobrecarpetas en la calzada olvidando el nivel con respecto a la berma, en la figura 9 se observa el desnivel carril/ berma. (Vásquez,2002)

Figura 9*Desnivel Carril/Berma*

Niveles de severidad.

- L: La berma y el pavimento tienen una diferencia de la elevación comprendido de 25,0 mm y 51,0 mm.
- M: La berma y el pavimento tienen una diferencia de la elevación comprendido de 51,0 mm y 102,0 mm.
- H: La berma y el pavimento tienen una diferencia de la elevación que es mayor que 102,00 mm.

Medida

El desnivel carril / berma se miden en pies lineales (o metros lineales).
(Vásquez, 2002)

j. Grietas longitudinales y transversales (No son de reflexión de losas de concreto de cemento portland)

Descripción: El eje de la vía es paralela a las grietas longitudinales, las grietas longitudinales pueden ser causadas por:

- Uniones viales mal construidas.
- Contracción de la superficie de la vía, debido a la baja temperatura, el endurecimiento del asfalto o el ciclo diario de temperatura.
- Una grieta de reflexión que es ocasionada por el agrietamiento debajo de la capa de base.

Las grietas transversales, se extienden al eje o a la dirección de construcción del pavimento en ángulos que son casi rectos. No está asociada con las cargas este

tipo de grietas. En la figura 10 se observa grietas transversales en una vía de carpeta asfáltica.

Figura 10

Grietas longitudinales y transversales



Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta que no presenta relleno y de ancho menor que 10,0 mm.
- Grieta que presenta relleno y de cualquier ancho (la condición del material sellantes es satisfactoria).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta que no presenta relleno de ancho entre 10,0 mm y 76,0 mm.
- Grieta de ancho de hasta 76,00 mm, rodeada de las mismas de menor tamaño.
- Grieta de ancho variable de cualquier tamaño, rodeado de las mismas en menor tamaño.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta rodeada de las mismas de menor tamaño, de severidad mediana o alta.
- Grieta de ancho mayor a 76,00 mm.
- Grieta de ancho variable, pavimento severamente fracturado.

Medida

La unidad de medida de las grietas “Longitudinales y Transversales” están en pies lineales o metros lineales.

k. Parcheo y Acometidas de servicios públicos

El Parche, es un área de pavimento que ha sido reemplazada con nuevos materiales para reparar el pavimento existente.

El área parcheada o adyacente no se desempeña de la misma forma como el pavimento original. Un parche se considera un defecto independientemente de su desempeño. En el lado derecho de la figura 11 se observa un parche utilitario, y en el lado izquierdo de la figura podemos observar un parche realizado por un corte en el pavimento.

Figura 11

Parcheo



Niveles de Severidad.

- L: El parche es de baja severidad, está en buena condición
- M: El parche es de severidad media, está en condiciones moderadas
- H: El parche es de severidad alta, está muy deteriorado requiere una pronta intervención.

Medida.

La unidad de medida de los parches es en pies cuadrado o metros cuadrados del área afectada. Cuando los parches tengan diferentes severidades estas deben ser evaluadas por separado y ninguna otra falla será registrada dentro de los parches. Si se tuviera el caso de tener un parche reciente, será registrado como pavimento nuevo. (Vasques,2002)

I. Pulimento de Agregados

Este daño es causado por cargas de tráfico frecuentes. Cuando el agregado de la superficie del pavimento asfáltico se vuelve suave al tacto, la adherencia al neumático se reduce significativamente. Cuando la relación agregado/superficie es

baja, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulido del agregado debe calcularse considerando si el agregado en la superficie se desintegra y si la superficie del agregado es suave al tacto, en la figura 12 podemos observar el pulimiento de agregados en una vía. (Vasques,2002)

Figura 12

Pulimiento de agregados



Niveles de severidad.

En este tipo de falla no se define con ningún nivel de severidad. Pero se debe de tener en cuenta que el grado de pulimento deberá ser significativo.

Medida

Su unidad de medida es en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados. (Vásquez,2002)

m. Huecos

Son depresiones que se pueden visualizar en la superficie de la vía, generalmente con diámetros que menores a 0,90 m. Usualmente presentan lados verticales en zonas cercanas a la parte superior del pavimento y unos bordes aguzados. El aumento de los baches se acelera y agrava por acción del agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico de los vehículos arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. Las pobres mezclas del pavimento es uno de los factores para que progrese la desintegración de la superficie de la vía, y también los puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Los huecos usualmente son

fallas que están asociados a la condición de la estructura del pavimento y no deben confundirse con el desprendimiento o la meteorización. La piel de cocodrilo de alta severidad produce los huecos y no deben confundirse con la meteorización. En la figura 13 podemos observar un bache de severidad media. (Vasques,2002)

Figura 13

Huecos o baches



Niveles de severidad

Para los niveles de severidad se verificará de acuerdo a la Tabla 3, para los huecos con el diámetro menor a 762 mm. Al superar el diámetro de 762 deberá medirse el área en pies cuadrados y dividir entre cinco pies cuadrados, para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad del hueco es mayor a 25 mm la severidad será considerado alta. Si la profundidad del hueco es menor a 25 mm la severidad será considerado media. (Vasques,2002)

Tabla 3

Niveles de severidad de los baches

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12,7 a 25,4 mm	L	L	M
25,4 a 50,8 mm	L	M	H
50,8 mm	M	M	H

Nota . Para poder clasificar la severidad en la que se encuentra un bache es necesario considerar la tabla mostrada. Fuente: Vásquez (2002)

Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente. (Vásquez, 2002)

n. Ahuellamiento

Se trata de la depresión de la superficie en las huellas de rueda, por donde transitan vehículos con mayor frecuencia. En muchos casos este es solo visible con la presencia de la lluvia puede presentarse el levantamiento de este a lo largo de la huella. Usualmente sucede ahuellamiento por el desplazamiento lateral de los materiales debido a la carga ejercida por el tránsito, estas deformaciones se dan en las capas del pavimento o subrasante. Si el ahuellamiento no es intervenido rápidamente este puede conllevar fallas estructurales en el pavimento a futuro. En la figura 14 se observa la representación visual de este tipo de falla.

Figura 14

Ahuellamiento



Niveles de severidad:

Profundidad media del ahuellamiento:

L: de 6,0 mm hasta 13,0 mm.

M: mayor a 13,0 mm hasta 25,0 mm.

H: mayor a 25,0 mm.

Medida

La unidad de medida del ahuellamiento es metro cuadrado m^2 o pies cuadrados p^2 del área en intervención. La profundidad media de la huella define la severidad de esta. La profundidad promedio de la pista se toma colocando una regla perpendicular a la dirección de la pista, midiendo su profundidad y usando las medidas tomadas a lo largo de ella para calcular su profundidad promedio. (Vasques,2002)

o. Desplazamientos

Las cargas del tránsito producen desplazamiento (fluencia vertical y permanente) en un área localizada de la superficie del pavimento. Las ondas de superficie inclinada ocurren cuando el tránsito empuja hacia la superficie del pavimento. Por lo general, este daño ocurre solo en pavimentos con mezclas de asfalto inestables.

El desplazamiento también ocurre cuando el pavimento de hormigón de cemento Portland está limitado por el pavimento de asfalto. En la figura 15 podemos observar un desplazamiento de severidad media.

Figura 15

Desplazamientos



Niveles de severidad

- L: El desplazamiento del pavimento es de baja severidad, presenta calidad de tránsito regular.
- M: El desplazamiento del pavimento es de severidad media, presenta calidad de tránsito mala
- H: El desplazamiento del pavimento es de severidad alta, presenta una calidad de tránsito muy mala lo que genera incomodidad al desplazarse por el pavimento.

Medida

La unidad de medida de los desplazamientos es en pies cuadrados o metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos dentro de los parches se consideran como parches. (Vásquez,2002)

p. Grietas parabólicas

Estas grietas son en forma de media luna creciente se denominan parabólicas, generalmente don producidas cuando frenan las ruedas e inducen al deslizamiento o deformación del pavimento. Muy comunes en pavimentos de baja resistencia como se observa en la figura 16.

Figura 16

Grietas parabólicas



Nivel de severidad

L: El promedio del ancho de la grieta es menor que los 10,0 mm.

M: Una de las siguientes condiciones está presente en la falla:

- El promedio del ancho de la grieta está comprendido entre los 10,0 mm a los 38,0 mm.
- Se encuentra fracturada el área alrededor de la grieta en pedazos pequeños y ajustados.

H: Una de las siguientes condiciones está presente en la falla:

- El promedio del ancho de la grieta es mayor que 38,0 mm.
- Se encuentra fracturada el área alrededor de la grieta en pedazos que son removibles fácilmente.

Medida

Su unidad de medida es en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. (Vásquez,2002)

q. Hinchamiento

Presenta un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento asfáltico. El hinchamiento es una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3,0 m. El agrietamiento superficial puede ir acompañando al hinchamiento. Generalmente, los suelos que potencialmente expansivos que son afectados por el congelamiento son los causantes del daño de la subrasante. En la figura 17 observamos un hinchamiento de severidad media.

Figura 17

Hinchamiento



Nivel de severidad

- L: Calidad de tránsito regular con nivel de severidad baja no es perceptible a simple vista, pero si se puede sentir en el pavimento a velocidad.
- M: Calidad de tránsito mala con un nivel de severidad media.
- H: Calidad de tránsito pésima, con un nivel de severidad alta, perceptible a simple vista.

Medida

La unidad de medida del hinchamiento se mide en pies cuadrados o metros cuadrados de área afectada. (Vásquez,2002)

r. Meteorización y desprendimiento de agregados

Describe a la pérdida de los agregados en la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico. Demostraría que la mezcla es de calidad pobre o que el ligante se haya endurecido. Otras causas del desprendimiento podrían ser el tránsito de vehículos orugas, el ablandamiento de la superficie por las condiciones climáticas y la pérdida de agregados por el derramamiento de aceites provocando

desprendimientos acelerados. En la figura 18 observamos el desprendimiento de agregados de severidad alta.

Figura 18

Desprendimiento de agregados



Niveles de severidad

- Nivel de Baja severidad (Low): L

El ligante en los agregados ha comenzado a perderse, por consiguiente, ha empezado a desprenderse los agregados en algunas áreas de la superficie del pavimento.

- Nivel de severidad Medio: M

En este nivel tanto el ligante como los agregados se han perdido como también uno u otro. La superficie del pavimento comprende una capa de textura rugosa y en algunas zonas con pequeños huecos.

- Nivel de severidad alto (High): H

En este nivel tanto el ligante como los agregados se han perdido considerablemente. Es rugosa y severamente ahuecada la textura superficial del pavimento, el agregado está completamente suelto. Las zonas donde hay huecos tienen profundidad menor a 13 mm y de diámetro de menor que 10 mm, si son de mayor dimensión se consideran huecos. y profundidades menores que 13,0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos.

Medida

La medida de la meteorización y el desprendimiento será en pies cuadrados o metros cuadrados de área afectada.

s. Cruce de vía férrea

Son defectos asociados al cruce de vía férrea son "depresiones o abultamientos" alrededor o entre los rieles.

Niveles de severidad

- L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.
- M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.
- H: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Medida

La unidad de medida es en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

2.2.8. Índice de rugosidad internacional (IRI)

Es una escala de medición superficial de una vía, propuesta por el Banco Mundial como estadística estándar de la rugosidad, en el cual se calcula la la incidencia del perfil longitudinal de una vía, estas se denotan por metros por kilómetro.

El Índice de Rugosidad Internacional se da en un cálculo matemático basado en acumular los desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior en mm, m o plg., tomando como ejemplo un vehículo entre la distancia que, recorrido en m, km, o millas, para registrar los movimientos que produce el vehículo en velocidad 80 Km/Hr. Para expresar el IRI se da en las unidades de m/Km, mm/m, ln/Mi etc.

El IRI se puede considerar como medida de la respuesta la transitabilidad de un vehículo, para verificar las condiciones en el que se encuentra la carretera. El IRI tiene la función de calibrador estándar que consiste en medir la suavidad de la superficie de la carretera o vía ya sea el caso.

En nuestro país se tiene fijado estos valor del IRI (Tabla 4) , caso diferente el que se da en otros países donde se utiliza al IRI para definir el momento, el cual no se da el caso en Perú.

Algunos países utilizan el IRI para definir el momento en el cual se debe implementar el tipo de intervención. Para el caso del Perú se han fijado los valores de IRI, en la tabla siguiente se muestra el estado vial según la rugosidad:

Tabla 4*Estado vial, según la rugosidad*

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < \text{IRI} \leq 2,8$	$\text{IRI} \leq 6$
Regular	$2,8 < \text{IRI} \leq 4,0$	$6 < \text{IRI} \leq 8$
Malo	$4,0 < \text{IRI} \leq 5,0$	$8 < \text{IRI} \leq 10$
Muy malo	$5 < \text{IRI}$	$10 \leq \text{IRI}$

Nota. Para clasificar el estado vial según el IRI usamos la tabla proporcionada, para vías pavimentadas y no pavimentadas. Fuente: MTC (2005)

2.2.9. Causas posibles de la rugosidad

Las anomalías como la rugosidad, en la capa de apoyo de pavimentos nuevos y existentes se pueden atribuir a:

Falta de mantenimiento o errores durante la construcción de carreteras o pavimentos; donde no se realizaron los controles respectivos, induciendo distorsiones que afectaron el libre transporte.

Cambio en los volúmenes de tránsito a mayor uso, hoy en día hay más personas con automóviles y el crecimiento población, estos inciden en la vida útil de una cierta vía, ya que primeramente el diseño no está preparado para un crecimiento masivo a largo plazo, para ello se debe mantener un mantenimiento periódico por parte de las entidades correspondiente.

2.2.10. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Existen distintos tipos de factores que pueden afectar la rugosidad del pavimento a continuación se mencionara los más relevantes:

- Espesores del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Edad del pavimento.
- Las propiedades del concreto asfáltico que se utilizó: el contenido de asfalto, gravedad específica y los vacíos con aire.

- El medio ambiente: índice de congelamiento, temperatura promedio, las precipitaciones pluviales (días de lluvia), días con temperatura superior a los 32°C.
- Propiedades de la sub rasante como el índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas, y porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Extensión y severidad de las fallas en el pavimento.

2.2.11. Escalas y características del IRI

Las Unidades del IRI están en mm/m, m/km o in/mí.

El rango de escala IRI para carreteras pavimentadas es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente lisa y 12 es una línea intransitable. La Figura 19 muestra las características de los pavimentos según los valores del IRI.

Figura 19

Escala estándar empleada por el Banco Mundial.



Nota. Escala estándar para clasificar los caminos según su IRI, Banco Mundial. Fuente: Vásquez (2002)

El IRI es igual a 0 cuando la superficie tiene una pendiente constante y sin deformaciones. Por lo que la pendiente de la vía, como tal, no influye en el valor que se obtiene del IRI, no así los cambios de pendiente.

2.2.12. *Evaluación de la Rugosidad internacional con el rugosímetro de Merlín*

La rugosidad, se expresa como un cambio en el perfil longitudinal de la calzada de la vía, que dificulta la circulación de vehículos en la calzada. La determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), actualmente uno de los controles más importantes junto con la calidad del acabado del pavimento, se refleja en el confort, la seguridad y los costos de operación para las personas que los utilizan.

Uno de los problemas a los que se enfrentan los técnicos al evaluar la calidad y la comodidad del viaje y comparar experiencias entre países es la gran variedad de técnicas, equipos y métricas disponibles en cada país.

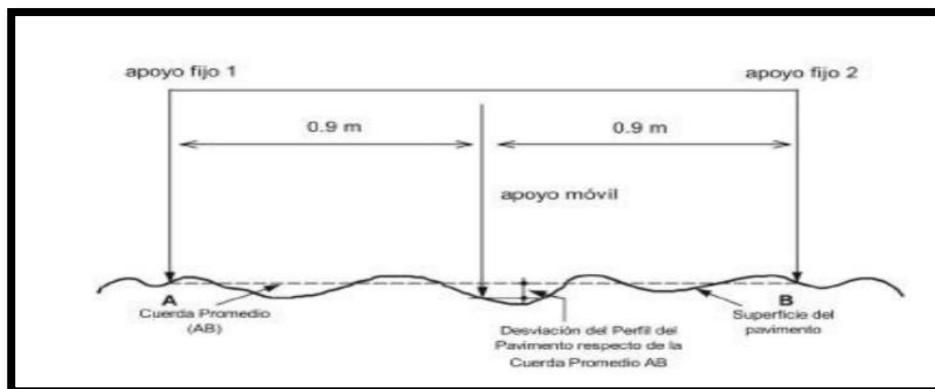
Por lo tanto, es beneficioso desarrollar un índice común y único de referencia, que será independiente del material o la técnica de obtención de la forma del perfil y también representará significativamente toda la percepción de los usuarios que circulan, se ha registrado internacionalmente en un medio. vehículo a velocidad media. Estas necesidades han llevado al desarrollo del concepto, definición y métodos de cálculo del Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

Para determinar la Rugosidad del pavimento, este se proyecta usando la distribución de desviaciones del perfil que denota la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio.

En la Figura 20 se demuestra como el equipo Merlín dibuja el desplazamiento vertical a lo largo de la superficie en base a una línea imaginaria. Este desplazamiento se conoce como la desviación respecto a la cuerda imaginaria promedio. (Del Aguila Rodríguez, 1999)

Figura 20

Desviación del perfil del pavimento respecto a la cuerda promedio

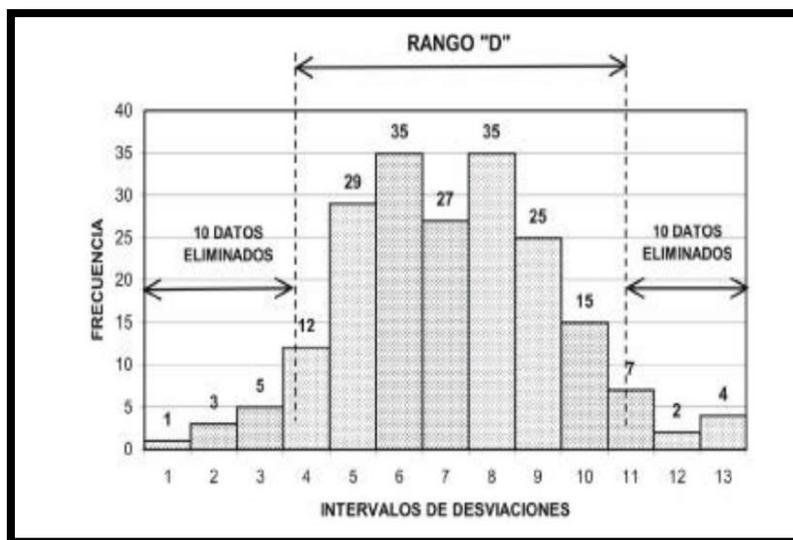


Nota. Se observa como el equipo Merlín dibuja el desplazamiento vertical a lo largo de la superficie en base a una línea imaginaria. Obtenida de Aguila (1999)

La cuerda promedio es una longitud de 1,80 m, ya que es la distancia que da resultados más fiables en las correlaciones. Con respecto a cuerda promedio es necesario medir 200 desviaciones consecutivamente y se debe considerar un intervalo 39 constante entre cada medición realizada a lo largo de la vía. El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), que se determina después de efectuar una depuración del 10 % de observaciones (10 datos los extremos del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades Merlín”. (Del Aguila Rodríguez, 1999)

Figura 21

Intervalos de desviaciones



Nota. Se encuentra el Rango “D” después de efectuar una depuración del 10 % de observaciones Fuente: Aguila (1999)

Hay varios parámetros de rugosidad como el Quarter-Car Index (QI) donde otros investigadores se basaron en un mismo concepto que trata evaluar respecto a una cuerda promedio la dispersión de las desviaciones de la superficie, para evaluar la rugosidad del pavimento. (Del Aguila Rodríguez, 1999)

Correlaciones D versus IRI

Para uniformizar los resultados de la rugosidad se determina con el IRI y el Rugosímetro de Merlín se usan las expresiones “a” y “b” parámetro que se usa en muchos equipos actualmente.

- Cuando $2,4 < IRI < 15,9$, entonces $IRI = 0,593 + 0,0471 D (1)$

- Cuando $IRI < 2,4$, entonces $IRI = 0,0485 D (2)$

Donde (1) ecuación original del TRRL establecida por las simulaciones computarizadas, donde toma como base los datos obtenidos por el ensayo internacional sobre la rugosidad proveniente de Brasil en 1982. Se debe emplear esta ecuación de correlación para la evaluación de pavimentos en servicio con capa de rodadura asfáltica, de tierra o granular, estas tendrán que estar comprendidos en el intervalo indicado. La expresión "2" es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia que se tiene en el Perú y luego de ser comprobada, después de ser evaluada más de 3,000 km de longitudes de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló, siguiendo el mismo método que la utilizada por el laboratorio de Reino Unido, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos. (Del Aguila Rodríguez, 1999)

Método de medición

El Rugosímetro Merlín es pensado principalmente para países en vías de desarrollo por ser un instrumento sencillo, económico y versátil. Fue introducido en el Perú por el Ing. Pablo del Águila en el año 1993, existiendo en la fecha (de junio del año 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras. (Del Aguila Rodríguez, 1999).

Los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases según el Banco Mundial, siendo estos: (Del Aguila Rodríguez, 1999)

- Clase 1: "Los más exactos", se encuentran la mira y el nivel, TRRL beam y los perfilómetros estáticos.
- Clase 2: Se agrupa los perfilómetros dinámicos y estáticos.
- Clase3: Se utiliza ecuaciones de correlación para derivar los resultados obtenidos a la escala IRI.
- Clase 4: Para obtener resultados referenciales.

Debido a su exactitud en los resultados y por la variación en campo del perfilómetro estático, el equipo Merlín es un método que se califica como clase

01, mínimamente superado por el Nivel topográfico y la Mira topográfica, recomendado también para calibrar otros rugosímetros como (Bump Integrator, Mays Meter etc.). (Del Aguila Rodríguez, 1999)

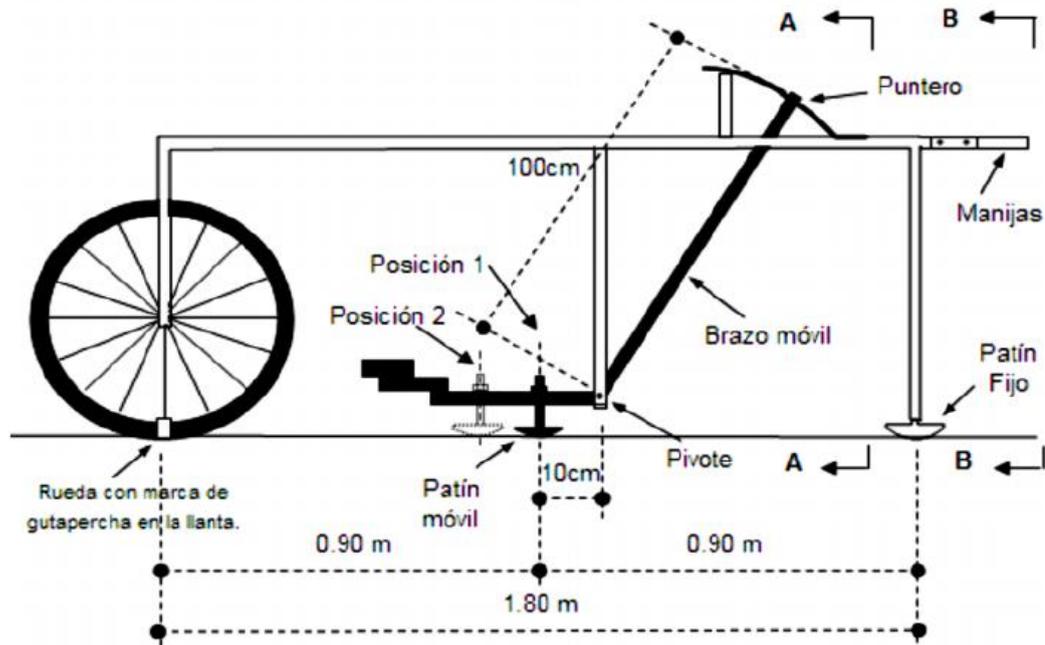
En las figuras 22, 23 y 24 se muestra el equipo Rugosímetro de Merlín, donde se denota que el diseño es bastante simple conformado por dos elementos horizontales y dos verticales, una rueda para el desplazamiento lineal horizontal del equipo, también cuenta con dos soportes uno en el lado izquierdo que permite que el equipo se apoye sobre el suelo y el otro soporte que nos permitirá la lectura al apoyar al suelo. Cuenta con dos manijas horizontales para movilizar el equipo. (Del Aguila Rodríguez, 1999)

Figura 22

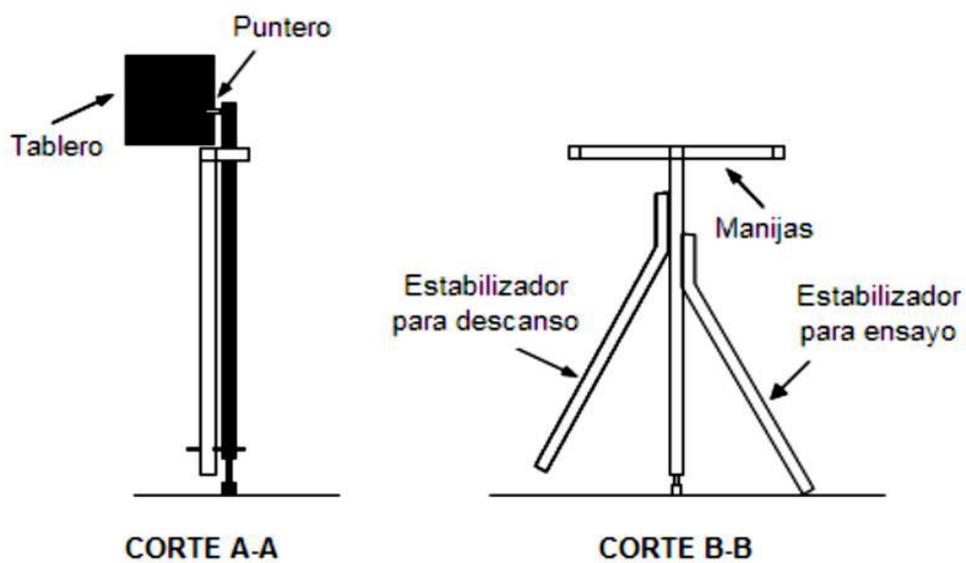
Equipo usado - Rugosímetro de Merlín



Nota. Se denota que el diseño es bastante simple conformado por dos elementos horizontales y dos verticales, una rueda para el desplazamiento lineal horizontal del equipo Fuente: Aguila (1999)

Figura 23*Partes del Rugosímetro de Merlín*

Nota. El rugosímetro de Merlín cuenta con dos soportes uno en el lado izquierdo que permite que el equipo se apoye sobre el suelo y el otro soporte que nos permitirá la lectura al apoyar al suelo Fuente: Aguila (1999)

Figura 24*Esquema del Rugosímetro de Merlín*

Nota. Vista en corte del Rugosímetro de Merlín. Fuente: Aguila (1999)

2.3. Definición de Términos

2.3.1. *Asfalto*

Material viscoso, de color negro oscuro, obtenido de la mezcla de brea con gravilla o arena, en su mayoría del crudo del petróleo. (Amaya C. y Rojas G., 2017)

2.3.2. *Condición de pavimento*

El pavimento después de haber sido colocado con el paso del tiempo sus daños o fallas aumentan por diversos factores ya sea por diseño, aumento poblacional del tránsito, factores meteorológicos, por lo que se hace una minuciosa evaluación del estado de esta para ver su estado superficial y estructural luego son clasificados para dar un diagnóstico para mejorarlo. (Montejo, 2010)

2.3.3. *Conservación vial*

Prevención ante el desgaste de una carretera o red de estas para asegurar un funcionamiento adecuado a un plazo más extendido. (Montejo, 2010)

2.3.4. *Mantenimiento*

Reparación o prevención de fallas o daños encontrados en el pavimento ya sea en la calzada, berma y zonas laterales. (Montejo, 2010)

2.3.5. *Vía*

Es el camino o trayecto para un flujo de automóviles o peatones que van por un destino conectado a varios caminos aledaños donde estos tienen un inicio y fin. (Amaya C. y Rojas G., 2017) (Vásquez, 2002)

2.3.6. *IRI*

Índice de Regularidad Internacional o Índice de Rugosidad Internacional. Medición del estado de servicialidad de una vía en base a las irregularidades verticales a lo largo de un eje de recorrido. (Coral G. y León A., 2020)

2.3.7. PCI

Pavement Condition Index. Es un método minucioso de establecer la condición de un paño de pavimento. Por su carácter muy detallado se aplica solo en áreas pequeñas y generalmente para investigación, escasamente para monitoreo vial. (Coral G. y León A., 2020)

2.3.8. Fallas del pavimento

Según el Índice de Condición del Pavimento lo divide en 19 tipos de deterioros el cual se clasifican mediante la norma ASTM D6433-11. (Coral G. y León A., 2020)

2.3.9. Nivel de severidad

Es la evaluación de calidad de los deterioros del pavimento el cual se dividen en baja, media y alta. (Coral G. y León A., 2020)

2.3.10. Serviciabilidad

En una vía, el estado de transitabilidad que presenta la vía. La condición de comodidad y adecuación al buen tránsito producto de sus características constructivas y su condición de desgaste y mantenimiento. (Coral G. y León A., 2020)

2.3.11. Superficie del pavimento

Parte de la calzada que hace contacto con las ruedas del vehículo. Determina las cualidades del tránsito, el agarre de las llantas, la sensación de confort, en parte la velocidad posible, etc. (Coral G. y León A., 2020)

2.3.12. Abrasión

Desgaste mecánico de áridos y las rocas por fricción y/o impacto.

2.3.13. Accidente de tránsito

Cualquier incidente o incidencia que se produzca entre uno o varios vehículos en una vía privada o pública.

2.3.14. Acera

Forma parte de una vía que es urbana o de un puente reservado para el tránsito de los peatones. Denominada también vereda.

2.3.15. Ahuellamiento

Depresión longitudinal de la superficie del pavimento, coincide con el lugar donde transitan con mayor frecuencia las llantas de los vehículos.

2.3.16. Bache

Hoyos o huecos en el pavimento de diferentes tamaños, se produce en la parte de la superficie de rodadura de la vía por desintegración local.

2.3.17. Capa asfáltica

Capa conformada por una mezcla de: agregados pétreos que están ligados con asfalto.

2.3.18. Capa de rodadura

capa superficial de una vía que recibe directamente la acción del tránsito. Debiendo ser resistente desintegración por efectos ambientales, al deslizamiento y a la abrasión.

2.3.19. Evaluación

Se tiene como objeto la determinación, en qué medida se lograron ciertos objetivos establecidas previamente, se busca contrastar la información con los objetivos establecidos.

2.3.20. Fisura

Rotura o quiebre, afecta a las capas de la estructura del pavimento asfáltico, de origen variado y cuyo ancho de la superficie es igual o menor a 3mm.

2.3.21. Grieta longitudinal

Grieta que predomina y que es paralela al eje de la calzada de una vía, suele coincidir con la junta longitudinal entre dos vías que están pavimentadas.

2.3.22. Grieta por fatigamiento

También denominada como “Piel de Cocodrilo”, es una vez secuencia de grietas o fisuras que están conectadas entre sí y que forman ángulos agudos, normalmente de dimensiones a 300 mm.

2.3.23. Índice de serviciabilidad

Es la condición del pavimento luego de haber sido colocado en servicio, se clasifica en una escala de “0 - 5”, esto para dar una sensación de manejo confortable al usuario.

2.3.24. Infraestructura vial de carreteras

Todo camino o carretera considerada o no en el (SINAC) Sistema Nacional de Carreteras.

2.3.25. Infraestructura vial pública

Todo acceso, arteria, calle o vía férrea, ya sea rural o urbano que es de uso público.

2.3.26. Nivel de servicio

Es el nivel de comodidad y seguridad que experimenta el usuario cuando conduce sobre la superficie de la carretera a la velocidad diseñada.

2.3.27. Rasante

Capa superficial de todo tipo de camino o carretera.

2.3.28. Rugosímetro de merlín

Es un equipo que sirve para determinar la rugosidad del pavimento y así poder obtener el IRI.

2.3.29. Superficie real

Es la superficie que limita el cuerpo y lo separa del medio que lo separa.

2.3.30. Superficie geométrica

Superficie ideal cuya forma está especificada por el dibujo y/o todo documento técnico.

2.3.31. Superficie de referencia

Superficie a partir de la cual se determinan los parámetros de rugosidad. Tiene la forma de la superficie geométrica. Se puede calcular por el método de mínimos cuadrados.

2.3.32. Tránsito

Flujo o movimiento de vehículos o personas que circulan por una vía o acceso.

2.3.33. Transitabilidad

Nivel de funcionabilidad, comodidad que perciben los usuarios al desplazarse por cierto camino de un lugar a otro.

2.3.34. Tratamiento superficial

Revestimiento de una o más capas que son usados para la protección de la vía existente, generalmente su principal objetivo es impermeabilizar mejorar y proteger la capa de rodadura.

2.3.35. Trocha carrozable

Vía que es transitable, no alcanza a las características geométricas de una carretera.

2.3.36. Vida útil

Un período de tiempo planificado en la etapa de diseño de una instalación durante el cual la instalación debe operar o brindar servicio en condiciones apropiadas de acuerdo con un programa de mantenimiento establecido.

2.3.37. Vía urbana

Calles o arterias que conforman un centro poblado, que no están dentro del registro del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Acciones y actividades

Para la elaboración de la investigación se procede con la búsqueda de la calle, avenida o carretera que cumpla con las condiciones necesarias para ser analizada, referidos al nivel de serviciabilidad malo, para conocer el estado de conservación del pavimento flexible.

Una vez realizado el trabajo de campo se pasa a gabinete a realizar los cálculos para determinar los valores de la rugosidad obtenidos mediante la evaluación superficial y el índice de rugosidad internacional, utilizando el rugosímetro de Merlín, una vez conocido los resultados de la rugosidad internacional de ambos métodos, para finalmente indicar la serviciabilidad del pavimento de la avenida 200 Millas.

3.2. Materiales y/o Instrumentos

3.2.1. *Materiales*

- Lapicero, reglas, plumones
- Laptop, impresora
- Reportes de Campo
- Regla
- Cono de seguridad
- Plano de distribución
- Fichas de Observación

3.2.2. *Instrumentos*

- Rugosímetro de Merlín.
- Cámara fotográfica.
- Guías de observación y formatos de campo

3.3. Tipo y diseño de investigación

3.3.1. *Tipo de investigación*

El tipo de investigación de esta tesis es aplicada por que vamos a determinar el problema, que va consistir en demostrar el estado de conservación de nuestra avenida, también es descriptiva porque vamos a detallar mediante un estudio visual

las fallas de la avenida, mediante estos dos tipos de investigación se dará el criterio de mantenimiento y/o tipo de reparación de la avenida estudiada.

También es de enfoque mixto ya hay dos tipos de investigación: cuantitativo y cualitativo. Es cuantitativa por que el resultado del PCI tendrá 7 escalas numéricas que van desde el 0 hasta el 100. Es cualitativa, porque para el análisis del PCI obtendremos resultados descriptivos como excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo y fallado; por otro lado.

3.3.2. Diseño de la investigación

Para esta investigación las variables serán observadas en su contexto real sin alterarlas, dicho trabajo es una investigación No Experimental del tipo Transversal, la investigación no experimental se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables; se trata de estudios donde no se pretende variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. En la investigación no experimental lo que hacemos es observar superficialmente tal como se muestran en realidad, para después sacar conclusiones y dar un veredicto.

La recolección de datos se realizará en un solo momento; es decir entre marzo y abril del 2022 es por eso que se considera que es de tipo Transversal.

3.4. Población y muestra de estudio

3.4.1. Población

a. Descripción de la Población

Pavimento Flexible existente en la Av. 200 Millas, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Tacna. En la figura 25 se observa la avenida de forma satelital.

Figura 25

Vista satelital de la Avenida 200 Millas.



Nota. Trazo de la Avenida 200 Millas. Fuente: Google EARTH

b. Cuantificación de la Población

Pavimento Flexible existente en la Av. 200 Millas, Distrito de Tacna, Provincia de Tacna, Tacna, desde el KM .0+000 hasta el KM 1+890,00.

3.4.2. Muestra**a. Evaluación de la Rugosidad en el pavimento existente.**

Para la evaluación de la rugosidad se necesitó mínimo tres personas , primeramente el de seguridad vial , el responsable de controlar el tráfico con un cono en la dirección correspondiente , por otro lado el que debe manejar el equipo que nos ayudó con el ensayo (Rugosímetro de Merlín) para las lecturas correspondientes y el otro es el encargado de tomar nota en el registro sobre las lecturas que se van dando a lo largo de la vía en evaluación, luego se selecciona un tramo determinado de 400 m de uno de los carriles de la vía para llenar los 200 datos en este tramo, luego empezamos con la ejecución de la evaluación , se siguió la huella exterior del tráfico para así lograr los resultados más resaltantes del estado del pavimento.

b. Evaluación y muestreo durante la evaluación superficial en el pavimento flexible.

Para la evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) se toma muestras por tramos medidos de acuerdo al ancho de la vía, para luego comenzar con la recolección de datos y evaluación del pavimento flexible.

El muestreo se realizará según lo indicado a continuación:

- Primeramente, mediante un plano de ubicación en campo y programas satelitales como Google Earth y otros, hacemos reconocimiento de la vía a evaluar para luego ver la distribución de los tramos.
- Luego, se identifican los tramos a lo largo de la vía en evaluación, considerando ambos carriles y la berma.
- Marcamos los tramos a lo largo de la vía para dividir en secciones y evaluar el estado superficial de la vía basándonos en las fallas que nos describe la norma.
- Una vez que tengamos las secciones divididas procedemos a identificar las unidades de muestra de cada una de ellas.

- Ya en cada sección localizamos las unidades de muestra en las que nos vamos a basar ya que al ser una evaluación superficial este tendrá que ser reconocible a simple vista y de fácil ubicación en campo, esto con el fin de levantar información y examinar la muestra para este proyecto y así ver la evolución a más adelante sobre esta falla.
- En nuestra hoja de campo vamos a detallar y seleccionar las todas las fallas indicando las unidades de medida, sus medidas y el nivel de severidad, ya que esto variara en cada sección de cada tramo.

Las unidades totales de muestra en la sección deben probarse (inspeccionadas) para determinar el valor de PCI promedio para la sección. Este tipo de análisis es ideal para estimar mejor el mantenimiento y las reparaciones requeridas.

El mínimo número de unidades muestrales "n" evaluadas en una determinada sección, para obtener un valor estadísticamente consistente (con un 95 % de confianza), se utilizando la fórmula 1 y haciendo redondear el valor obtenido de "n" al entero mayor más cercano.

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1)+s^2\right)} \quad (1)$$

Donde:

e = error admisible en el cálculo del PCI del tramo, normalmente, $e = \pm 5$ puntos del PCI.

s = Desviación estándar PCI de muestra a muestra en la misma sección. Se asume que la desviación estándar es 10 al momento de realizar la inspección. Esta suposición debe probarse como se describe a continuación después de que se hayan determinado los valores de PCI. Para ensayos posteriores, se debe utilizar la desviación estándar del ensayo anterior para determinar el valor de "n".

N = número total de unidades de muestra de la sección.

- Es importante lograr un nivel de confianza del 95 %, entonces se debe verificar la idoneidad del número de unidades evaluadas. El número de unidades de muestreo se estima sobre la base de un valor de desviación estándar asumido. Calcule el valor actual de la(s) desviación(es) estándar de la siguiente manera (consulte la Ec. 2):

$$S = \left(\sum_{i=1}^n \frac{(PCI_i - PCI_s)^2}{n-1} \right)^{1/2} \quad (2)$$

Donde:

PCI_i = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas.

PCI_s = valor PCI de la sección.

n = número total de unidades de muestra inspeccionadas.

- Calculamos el número mínimo revisado de unidades de muestra (Ec.1) que se analizarán utilizando la desviación estándar calculada (Ec.2). Si el número de unidades de muestra a analizar es mayor que el número de muestras analizadas, seleccione y analice unidades adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben estar espaciadas uniformemente a lo largo de la sección transversal. Repita este procedimiento para verificar el número de unidades de muestra revisadas y pruebe aleatoriamente unidades de muestra adicionales hasta que el número total de unidades de muestra probadas sea igual o exceda el número mínimo requerido de unidades. La tasa de muestreo "n" se obtiene de la Ec.1, utilizando la suma estándar real de las desviaciones de la muestra. Una vez determinado el número de unidades de muestra a ensayar, calcular el intervalo unitario utilizando un muestreo aleatorio sistemático. Las muestras deben estar espaciadas uniformemente a lo largo de la sección, y la primera muestra debe elegirse al azar. La distancia "i" de las unidades a muestrear debe calcularse utilizando la siguiente fórmula Ec.3 redondeando el resultado al siguiente entero inferior. Cuando observamos fallas no representativas en las unidades de muestra, el evaluador se encarga de escogerlas para la inspección.

El inconveniente en el método aleatorio es la exclusión de las unidades de muestra en mal estado ya que no lo inspecciona ni lo evalúa. Se puede presentar de forma inapropiada que las muestras con daños puedan ser incluidas del muestreo aleatorio. Para que no suceda esto se deberá incluir una unidad de muestra como adicional en lugar de una unidad aleatoria, cuando se incluyen estas muestras el cálculo del PCI son modificados para evitar una extrapolación de las condiciones inhabituales en la sección.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Método del Rugosímetro de Merlín

a. Planificación

Se coordinó con la Universidad la fecha para la disposición del equipo Merlín que era lo principal para este ensayo.

Nos dedicamos a la toma de datos después de las 9:00 am hasta las 5:00 pm ambos carriles, concluyendo así con el análisis de toda la vía, la fecha que se realizó el ensayo es el 23 de Abril del 2022, una vez terminado el ensayo se regresó con el técnico a cargo al laboratorio de suelos devolviendo el equipo Merlín.

b. Toma de datos

Para tomar los datos se siguieron los siguientes pasos:

- El equipo Merlín se calibró debidamente con el personal técnico encargado en el laboratorio, ubicándolo en una superficie plana para así ajustar los apoyos hasta que el marcador se posicione en 26.

Figura 26

Recojo y calibración del rugosímetro de Merlín



- Procedimos a poner el equipo en el punto de partida de nuestra avenida para iniciar con el ensayo para luego proceder a la toma de datos tal como se observa en la figura 27.

Figura 27

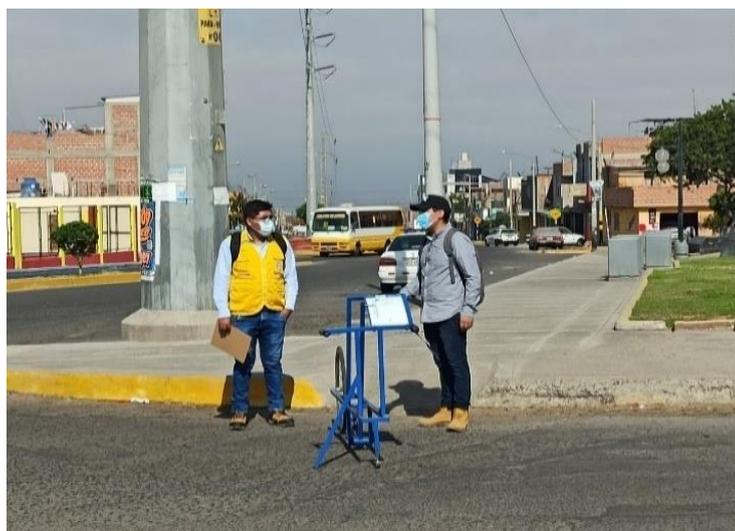
Ubicación del equipo en el punto de partida



- El ensayo fue realizado con tres personas, el que se encargó de la seguridad vial y toma de fotografías, otro el manipula el equipo Merlín y por último el que se encarga de anotar las lecturas del equipo. En la figura 28 se observa la coordinación previa al inicio del ensayo de campo.

Figura 28

Coordinación previa al inicio del ensayo



- El ensayo realizado con el equipo Merlín tiene como condicional un operador que eleve de manera vertical al pavimento y desplazándolo de manera horizontal calculando que la rueda de una vuelta completa 360°

como se observa en la figura 29, para una mejor precisión se tomó como referencia la válvula de la llanta del equipo Merlín; para luego descargar el equipo apoyando en sus apoyos para luego leer el valor que marca el puntero del equipo Merlín y así tomar nota en el formato estándar. Se trabajo por en tramos de 400 m para el llenado de las 200 lecturas que nos permite el formato.

Figura 29

Toma de datos con el rugosímetro de Merlín



c. Procesamiento y Análisis de Datos

Se sacaron 10 formatos llenados en ambos carriles estas fueron transcritas a una hoja de cálculo Microsoft Excel para su procesamiento y análisis.

En la hoja de cálculo se procedió:

- Se contabiliza el número de veces que se repiten los mismos valores en cada formato registrado en el campo.
- Una vez obtenido los datos, se procede a graficar el histograma de frecuencias.
- Procedemos a obtener el IRI con las ecuaciones que se indica en el marco teórico.
- Pasamos los resultados obtenidos en una tabla con el resumen de estas.

En la figura 30 se muestra el formato en campo utilizado para tomar los datos del rugosímetro de Merlín.

Figura 30*Hoja de campo del ensayo de la rugosidad con Merlín*

		ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN																																																																																																																																																																																																																																										
		METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL																																																																																																																																																																																																																																										
HOJA DE CAMPO																																																																																																																																																																																																																																												
NOMBRE DE LA VÍA:		SENTIDO:																																																																																																																																																																																																																																										
PROGRESIVA INICIAL:		NÚMERO DE ENSAYO:																																																																																																																																																																																																																																										
PROGRESIVA FINAL:		HORA DE INICIO:																																																																																																																																																																																																																																										
TRAMO:		HORA DE FINALIZACIÓN:																																																																																																																																																																																																																																										
CARRIL:		FECHA:																																																																																																																																																																																																																																										
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA																																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>							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										
	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																																																																																																																																																																																																																																												
<p>TIPO DE PAVIMENTO</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>AFIRMADO</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CARPETA EN CAL SELLO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>BASE GRANULAR</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>RECAPEO ASFALTICO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>BASE IMPRIMIDA</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>TRAT. BI CAPA</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>CARPETA EN FRIO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>OTROS</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>						AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>	BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																							
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									

3.5.2. Método PCI**a. Determinación de la unidad de muestra por el método PCI**

- Se suma la cantidad total por cada tipo de falla para cada nivel de severidad encontrada, y se registra la información obtenida en la columna "Total". Ejemplo, si la muestra de la falla "piel de cocodrilo" tiene 1,8 m² de pavimento de severidad baja y 1,59 m² de severidad media. Las unidades deben estar de acuerdo al tipo de falla como, por ejemplo: metro cuadrado (m²), metro lineal (m), o número de ocurrencia (un), dependiendo de la falla que se registra en la hoja de campo, en la figura 31 se observa la hoja de registro de la evaluación superficial.
- Se divide la totalidad de las cantidades por cada tipo de falla en cada nivel de severidad (columna total de severidades) entre el área total de la unidad de muestra y se multiplica el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual de cada tipo de falla.

- Se determina el valor deducido (DV) por cada combinación del tipo de falla y del nivel de severidad, se utiliza las tablas de curvas de valor deducido que están presentes en el anexo 2.

Figura 31

Hoja de registro de la evaluación superficial

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Nota. En la hoja de registro se anotarán todas las fallas superficiales encontradas en campo. Fuente: Vásquez (2002)

- Mediante los siguientes pasos hallamos el máximo valor deducido (CDV): Si solamente uno o ningún valor deducido individual es mayor que dos, el valor total es usado en lugar del máximo valor deducido corregido para determinar el PCI; de lo contrario el máximo valor deducido corregido debe ser determinado usando el procedimiento descrito en “b” – “e”
Tomamos valores deducidos de mayor a menor.
Determinar el número de deducciones permisibles, “m”, empleando la siguiente fórmula (ver Ec. 4):

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) 100 - HDV \leq 10 \quad (4)$$

Donde:

m = máximo número de posibles valores deducidos, las fracciones están incluidas (menores o iguales a diez).

HDV = el valor mayor deducido individual para la muestra.

El número de valores deducidos individualmente se reduce al valor inferido máximo permitido "m", incluida su parte fraccionaria. Si tenemos algunos valores inferidos menores que "m", entonces se deben usar todos.

Encontramos el valor derivado corregido máximo repetido (CDV).

- Calcular el valor deducido total (CDT) sumando los valores sustraídos individuales.
- Determinar "q", es un número de valores deducidos mayores a 2.
- Se determina el valor de CDV a partir del valor deducido total (CDT) y del valor de "q" utilizando las curvas de las tablas apropiadas de corrección para pavimentos flexibles de la figura 33.

El valor de CDV se halla a partir del valor deducido total (CDT) y el valor "q" usando las tablas de corrección apropiadas para el pavimento blando en la Figura 33.

- Se deduce a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento de 4.5.1 – 4.5.3 hasta que "q" sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs.

Se calcula el PCI, restándole a 100 el máximo CDV.

$$100 - \max \text{CDV} = \text{PCI}$$

$$100 - 51 = \text{PCI}$$

$$49 = \text{PCI}$$

$$\text{Rating} = \text{REGULAR}$$

Figura 32

Ejemplo de formato para las obtenciones del máximo valor deducido corregido

PAVEMENT CONDITION INDEX FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

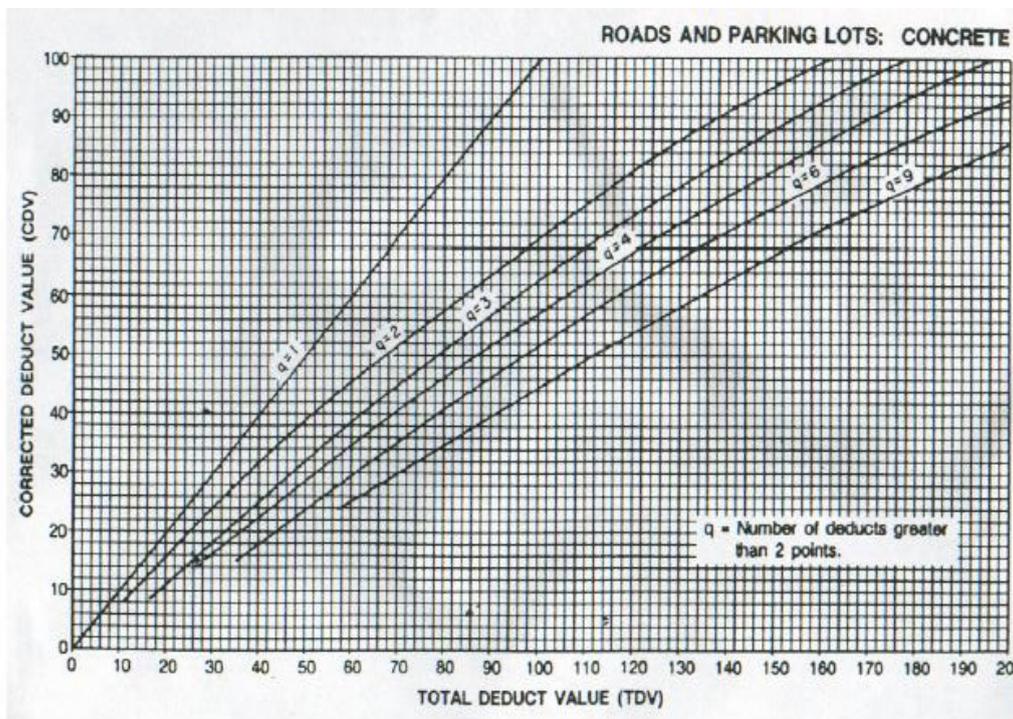
No.	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1												
2												
3												
4												

Nota. Se determina el valor de CDV a partir del valor deducido total (CDT) y

del valor de “q”. Fuente: Vásquez (2002)

Figura 33

Curva de corrección del valor deducido para los pavimentos asfálticos



Nota. Tabla de corrección para pavimentos flexibles. Fuente: Vásquez (2002)

Determinación del PCI en la sección

- El PCI de la sección es calculado como ponderado si las unidades de muestra evaluadas son seleccionadas de forma aleatoria (PCI_r) usando la Ec. 5:

$$PCI_S = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad (5)$$

Donde:

PCI_r = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas aleatoriamente.

PCI_{ri} = PCI de la unidad aleatoria de la muestra “i”.

A_{ri} = área de la unidad aleatoria de la muestra “i”.

n = número de unidades de muestra inspeccionadas aleatoriamente.

Si hay existen muestras adicionales que han sido inspeccionadas, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales que fueron inspeccionadas

(PCIa) se calcula empleando la Ec.6. El PCI de la sección de pavimento se calcula empleando la Ec. 7.

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}} \quad (6)$$

$$PCI_s = \frac{PCI_r(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A} \quad (7)$$

Donde:

PCIa = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales.

PCIai = PCI de la unidad adicional de la muestra "i".

Aai = área de la unidad adicional de la muestra "i".

A = área de la sección.

m = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

PCIs = PCI ponderado del área de la sección de pavimento.

- Utilizando la tabla 5 se determina el grado de la condición, se utiliza el PCI de la sección del pavimento.

Tabla 5

Rangos de clasificación del PCI

PCI	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 71	Muy Bueno
70 – 56	Bueno
55 – 41	Regular
40 – 26	Malo
25 – 10	Muy Malo
0 – 10	Fallado

Nota. Según el PCI obtenido de nuestra sección se clasifica para ver la condición del pavimento. Fuente: Vásquez (2002)

b. Procedimiento de inspección

- Verificar cada unidad de muestra seleccionada individualmente.

- Registrar el número de segmentos, así como el número y tipo de unidades de muestreo (aleatorias o adicionales).
- Anotar el tamaño de la unidad de muestra medido con el flexómetro o según corresponda.
- Realizar una verificación de las patologías, para cada nivel de severidad
- Se procede a registrar las fallas, la severidad de acuerdo a la forma de medición de cada falla.
- Para las demás muestras encontradas se repite el mismo proceso.

c. Criterio de inspección

Hay algunos criterios importantes a considerar durante la inspección visual que minimizarán los errores y aclararán las preguntas sobre la identificación y medición de ciertos tipos de daños.

- Si ocurren grietas de cocodrilo y depresiones en la misma área, cada defecto se registra por separado en su respectiva severidad.
- Si se tiene en cuenta el exudado, no se tienen en cuenta los áridos pulidos en la misma zona.
- El agregado pulido debe encontrarse en cantidades sustanciales para documentar el defecto.
- Si la fisura no es de la misma severidad en toda su longitud, cada parte de la fisura con diferente severidad se registrará por separado. Sin embargo, si los diferentes niveles de severidad de una sección de fisura no se pueden separar fácilmente, la parte debe guardarse con la severidad más alta actual.
- Si se encuentran defectos, incluyendo grietas o baches, en el área de reparación, no se registrarán; sin embargo, se debe considerar su efecto sobre el parche al determinar la gravedad del parche.
- Una falla se llama falla si el área a su alrededor está fragmentada (a veces hasta el punto de perder piezas).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Determinación de la Rugosidad con el método de Merlín

Se evaluó La Avenida 200 Millas en ambos carriles en secciones de 400 m, con consecutivas mediciones de 200 lecturas que fueron anotadas en hojas de campo, se utilizó el rugosímetro de Merlín. Los datos de campo fueron procesadas en hojas de Excel. A continuación, en las figuras 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51 y 53 se muestran los resultados obtenidos y en las figuras 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50 y 52 se muestran los datos tomados en campo.

Figura 34

Datos de campo, carril I – E01

ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN			
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
HOJA DE CAMPO			
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS	SENTIDO:	NO -SO
PROGRESIVA INICIAL:	0+000	NÚMERO DE ENSAYO:	01
PROGRESIVA FINAL:	0+400	HORA DE INICIO:	9:09:00 a. m.
TRAMO:	I	HORA DE FINALIZACIÓN:	10:26:00 a. m.
CARRIL:	I	FECHA:	23/05/2022
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA		
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAJA		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	25	43	40	25	33	32	17	30	23
2	44	31	20	27	28	18	17	27	27	21
3	6	21	30	36	31	30	29	24	28	28
4	23	26	46	24	20	26	23	30	24	25
5	25	27	23	33	26	24	25	27	15	23
6	27	24	28	29	32	36	20	30	26	24
7	31	26	35	19	19	21	31	24	20	29
8	27	18	0	26	5	26	17	27	24	20
9	44	42	33	32	23	24	29	0	21	23
10	25	19	33	24	26	32	34	32	26	26
11	23	28	28	26	34	25	20	28	24	25
12	11	24	21	19	22	30	26	26	22	26
13	27	27	24	18	24	32	0	27	25	25
14	45	24	26	27	20	21	0	32	26	18
15	25	20	33	28	28	20	22	26	22	31
16	28	29	28	17	15	28	25	28	23	26
17	37	28	25	21	31	19	36	25	21	27
18	30	18	30	30	22	26	25	22	19	26
19	27	49	28	27	27	18	26	23	24	30
20	32	27	20	29	25	29	27	26	31	18

<u>TIPO DE PAVIMENTO</u>			
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

Figura 35

Resultados del IRI, carril I – E01

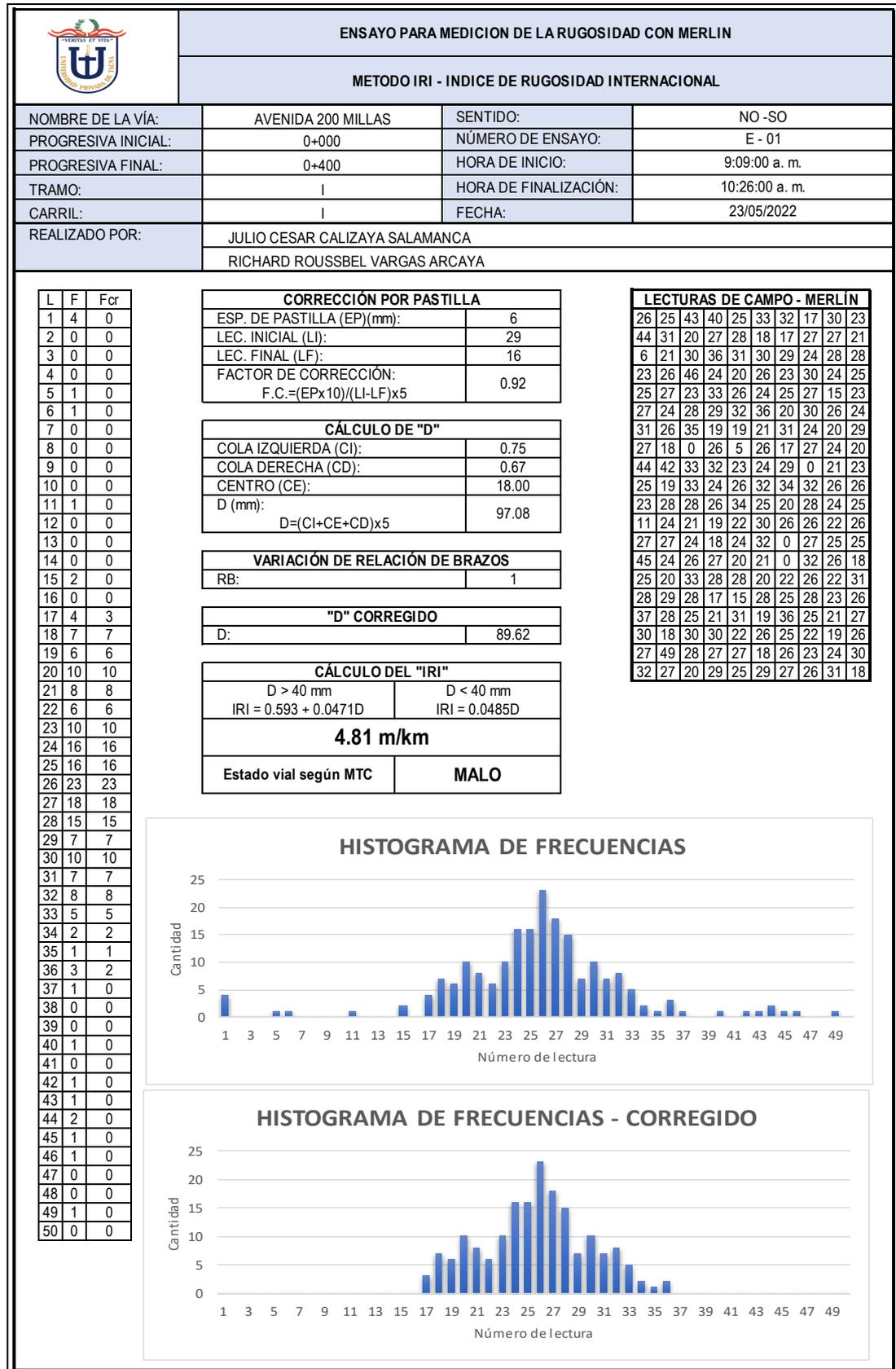


Figura 36

Datos de campo, carril I – E02

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN			
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
HOJA DE CAMPO			
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS	SENTIDO:	NO -SO
PROGRESIVA INICIAL:	0+400	NÚMERO DE ENSAYO:	E02
PROGRESIVA FINAL:	0+800	HORA DE INICIO:	10:26:00 a. m.
TRAMO:	I	HORA DE FINALIZACIÓN:	11:57:00 a. m.
CARRIL:	I	FECHA:	23/05/2022
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA		
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA		

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

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Figura 37

Resultados del IRI, carril I – E02

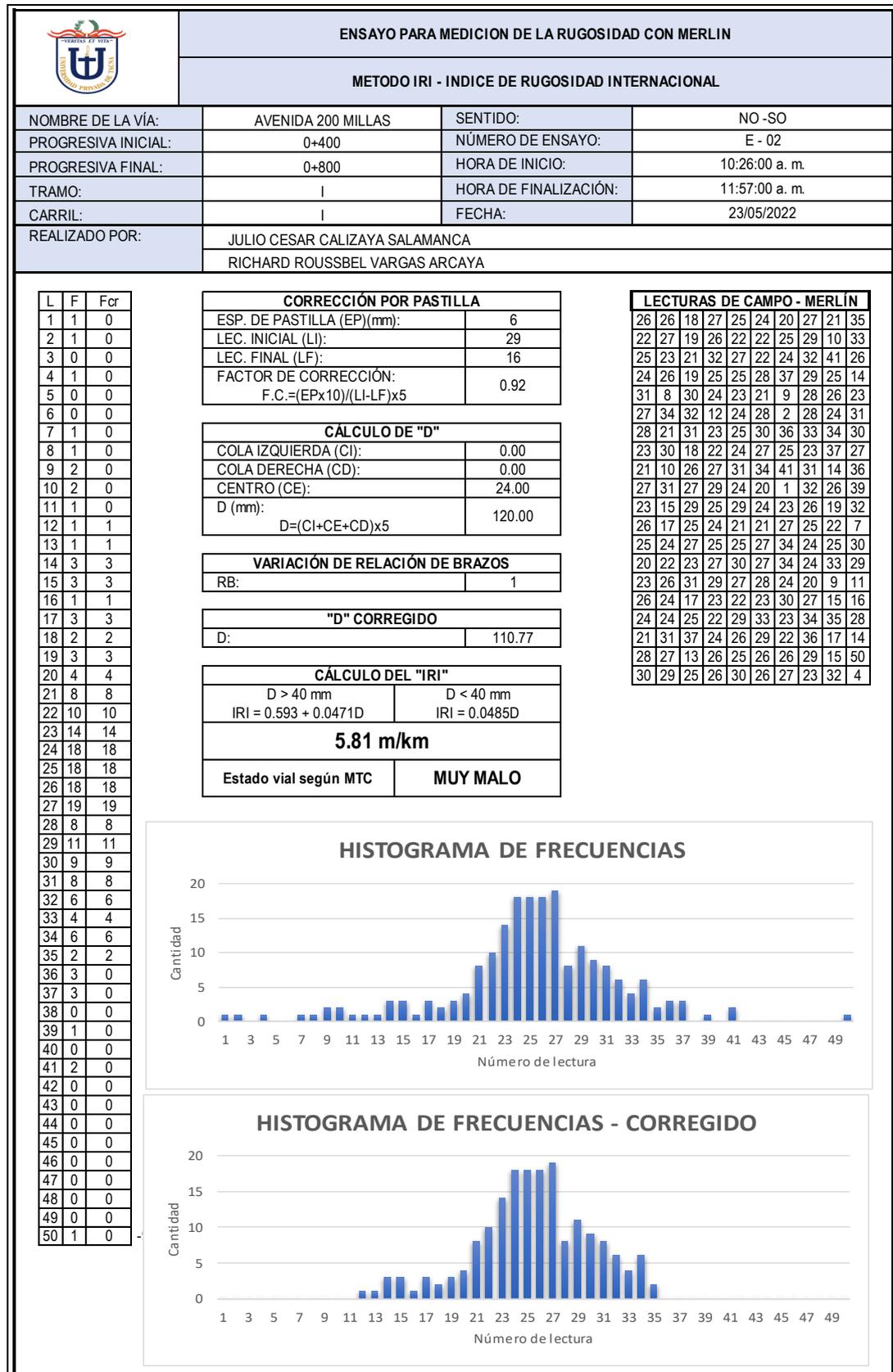


Figura 38

Datos de campo, carril I – E03

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN			
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
HOJA DE CAMPO			
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS	SENTIDO:	NO -SO
PROGRESIVA INICIAL:	0+800	NÚMERO DE ENSAYO:	E03
PROGRESIVA FINAL:	1+200	HORA DE INICIO:	11:57:00 a. m.
TRAMO:	I	HORA DE FINALIZACIÓN:	12:28:00 p. m.
CARRIL:	I	FECHA:	23/05/2022
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA		
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17	46	35	26	30	14	23	33	29	30
2	45	18	17	21	23	27	36	25	27	15
3	50	15	21	30	39	37	27	32	22	31
4	44	34	26	21	29	31	27	18	21	30
5	12	28	26	4	30	4	17	0	25	26
6	27	27	18	15	23	30	9	36	23	18
7	26	20	30	40	32	28	41	28	21	42
8	15	24	15	24	23	25	30	15	31	14
9	20	16	43	19	24	26	50	50	21	11
10	13	27	28	37	31	46	21	27	27	21
11	27	37	25	36	24	15	26	16	13	15
12	32	35	22	10	27	44	30	0	28	20
13	18	26	28	28	26	33	20	12	19	25
14	28	25	28	30	27	36	44	23	21	22
15	0	48	32	24	24	21	35	31	26	30
16	7	13	33	32	26	30	26	30	50	23
17	15	30	26	9	31	23	22	27	16	45
18	24	7	26	43	25	35	27	38	36	31
19	23	39	33	34	28	28	33	31	37	32
20	23	14	28	27	19	35	31	30	31	26

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Figura 39
Resultados del IRI, carril I – E03

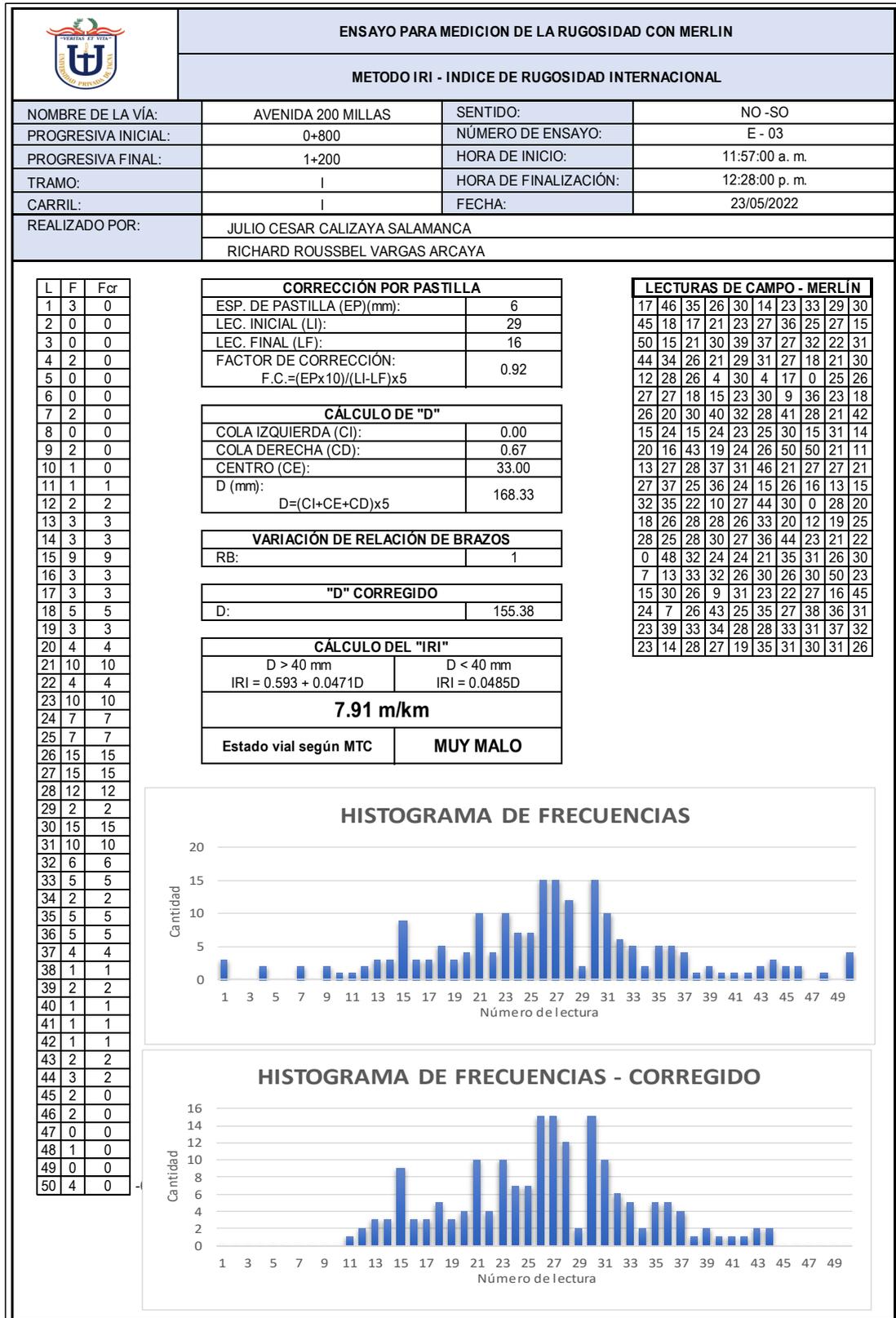


Figura 40

Datos de campo, carril I – E04

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN										
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL										
HOJA DE CAMPO										
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS					SENTIDO:			NO -SO	
PROGRESIVA INICIAL:	1+200					NÚMERO DE ENSAYO:			E04	
PROGRESIVA FINAL:	1+600					HORA DE INICIO:			12:28:00 p. m.	
TRAMO:	I					HORA DE FINALIZACIÓN:			1:03:00 p. m.	
CARRIL:	I					FECHA:			23/05/2022	
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA									
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAAYA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	16	24	27	37	39	31	28	22	19	18
2	24	39	25	21	17	24	25	32	22	17
3	33	38	23	24	28	13	9	29	26	19
4	50	42	39	20	38	27	17	24	20	32
5	24	20	50	26	20	33	20	31	18	16
6	27	36	10	23	27	28	18	33	28	31
7	19	21	50	29	22	24	31	8	25	19
8	18	18	14	26	24	31	35	34	33	26
9	18	23	36	31	29	34	32	29	23	32
10	27	21	43	32	28	29	20	25	24	40
11	20	29	22	26	36	16	27	29	41	27
12	15	40	50	21	17	21	24	22	34	24
13	14	24	49	8	29	24	24	9	15	22
14	33	18	0	19	27	34	21	28	33	24
15	26	30	31	21	41	4	20	45	22	31
16	28	37	12	26	18	21	26	30	35	24
17	19	27	0	19	34	29	29	21	27	43
18	31	29	17	24	35	15	27	14	21	32
19	18	33	37	17	37	29	24	31	17	13
20	24	41	25	7	35	21	34	26	31	49
TIPO DE PAVIMENTO										
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>					CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>			
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>					RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>			
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>					TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>			
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>					OTROS	<input type="checkbox"/>			
OBSERVACIONES:										

Figura 41

Resultados del IRI, carril I – E04

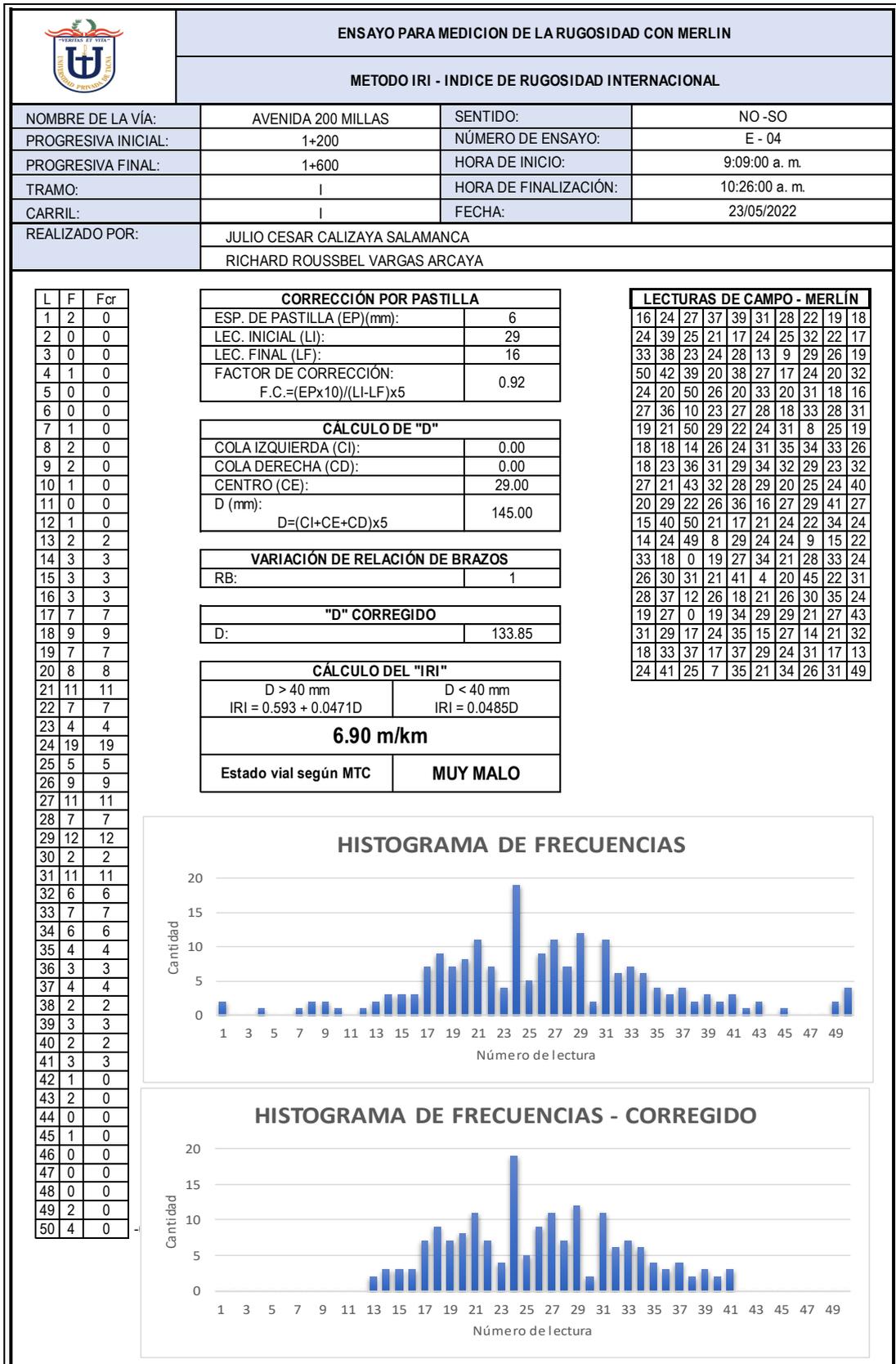


Figura 42

Datos de campo, carril I – E05

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN			
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
HOJA DE CAMPO			
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS	SENTIDO:	NO-SO
PROGRESIVA INICIAL:	1+600	NÚMERO DE ENSAYO:	E05
PROGRESIVA FINAL:	1+890	HORA DE INICIO:	1:03:00 p. m.
TRAMO:	I	HORA DE FINALIZACIÓN:	1:22:00 p. m.
CARRIL:	I	FECHA:	23/05/2022
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA		
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA		

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

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

Figura 43

Resultados del IRI, carril I – E05

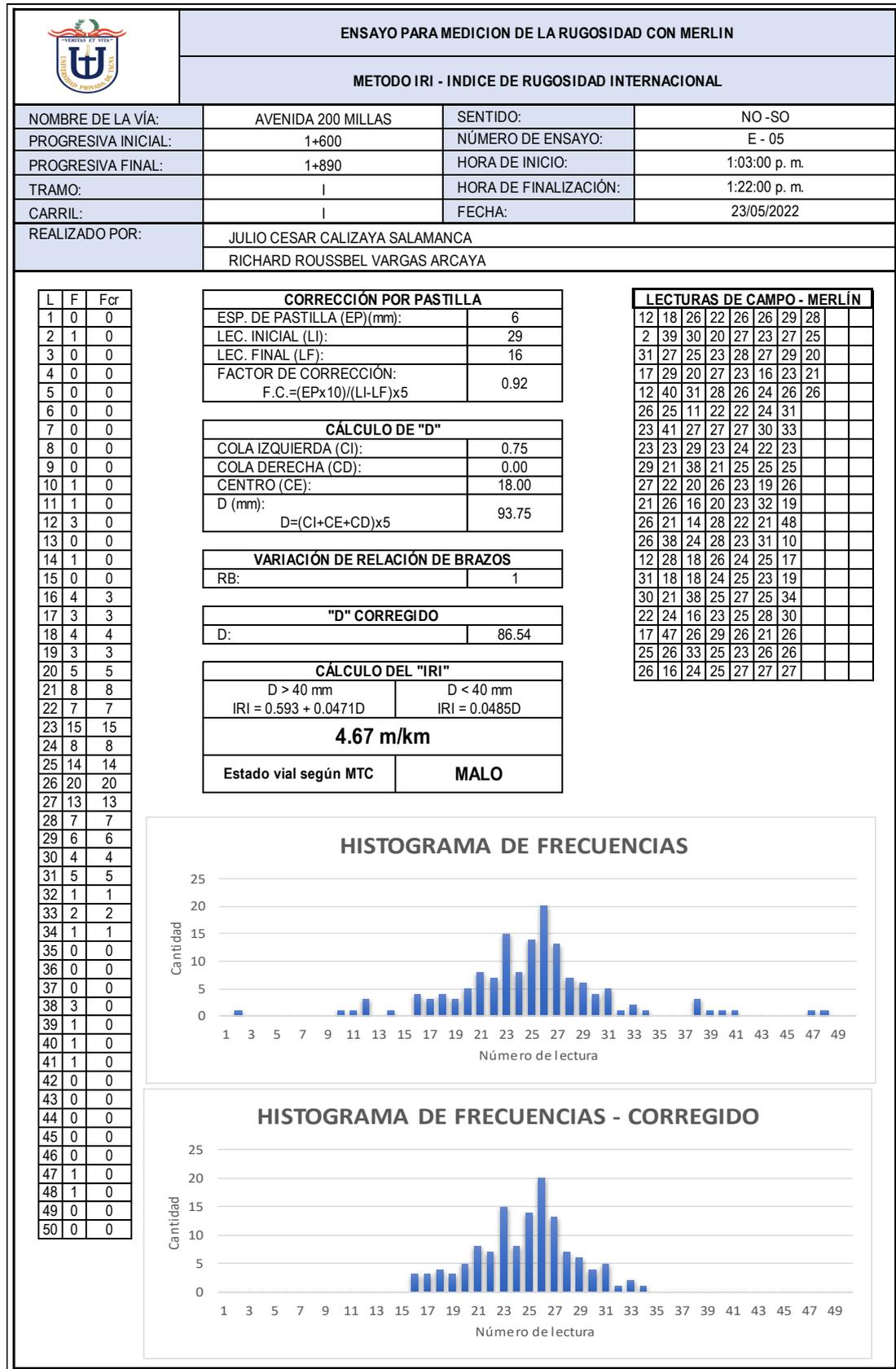


Figura 44

Datos de campo, carril II – E06

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN			
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
HOJA DE CAMPO			
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS	SENTIDO:	SO - NO
PROGRESIVA INICIAL:	0+000	NÚMERO DE ENSAYO:	E06
PROGRESIVA FINAL:	0+400	HORA DE INICIO:	1:22:00 p. m.
TRAMO:	I	HORA DE FINALIZACIÓN:	1:48:00 p. m.
CARRIL:	II	FECHA:	23/05/2022
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA		
	RICHARD ROUSBEL VARGAS ARCAYA		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	27	25	32	25	29	28	14	13	23	20
2	28	28	21	24	24	29	22	21	9	21
3	24	25	28	28	19	28	18	37	27	22
4	23	26	27	27	40	22	30	14	18	29
5	24	26	27	25	24	32	24	47	27	20
6	25	23	24	24	22	21	20	22	28	21
7	26	26	24	28	30	16	26	17	26	27
8	27	28	25	27	27	20	26	25	23	24
9	25	22	25	26	49	29	37	24	22	33
10	21	24	26	22	34	28	25	25	21	19
11	32	29	27	23	20	23	23	26	25	20
12	23	21	23	25	29	28	24	24	25	18
13	26	25	22	26	1	26	45	21	31	29
14	27	23	26	20	25	34	32	34	29	22
15	31	20	24	27	49	20	33	25	22	26
16	5	22	25	24	31	33	22	14	29	26
17	29	38	25	25	23	27	28	29	35	35
18	32	0	20	24	23	28	18	31	30	21
19	26	24	40	28	19	17	22	18	21	23
20	21	24	23	26	39	21	35	21	20	14

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Figura 45

Resultados del IRI, carril II – E06



Figura 46

Datos de campo, carril II – E07

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL											
HOJA DE CAMPO											
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS					SENTIDO:			SO - NO		
PROGRESIVA INICIAL:	0+400					NÚMERO DE ENSAYO:			E07		
PROGRESIVA FINAL:	0+800					HORA DE INICIO:			1:48:00 p. m.		
TRAMO:	I					HORA DE FINALIZACIÓN:			2:14:00 p. m.		
CARRIL:	II					FECHA:			23/05/2022		
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAJA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	32	20	20	23	13	29	21	46	35	21	
2	35	28	19	13	13	24	26	17	26	18	
3	17	19	33	9	20	37	23	31	28	16	
4	28	20	25	29	18	34	24	30	30	19	
5	32	25	28	27	20	25	24	21	30	32	
6	23	38	28	26	26	32	32	28	26	29	
7	33	28	24	21	27	23	20	26	17	26	
8	28	30	17	21	30	24	27	27	24	24	
9	25	28	20	27	50	26	30	17	29	46	
10	26	18	23	15	35	23	26	21	27	28	
11	20	20	25	22	3	21	50	18	37	19	
12	20	26	17	28	29	33	22	25	33	19	
13	32	14	22	30	24	30	0	30	27	27	
14	34	21	22	14	42	27	35	14	26	29	
15	19	27	25	26	0	22	24	18	24	40	
16	26	16	22	25	26	24	0	14	24	37	
17	28	30	26	30	37	16	25	1	12	39	
18	34	17	2	33	28	21	0	5	34	37	
19	28	24	34	21	22	19	40	18	24	23	
20	16	17	13	28	38	17	36	26	27	41	
TIPO DE PAVIMENTO											
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>					CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>				
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>					RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>				
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>					TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>				
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>					OTROS	<input type="checkbox"/>				
OBSERVACIONES:											

Figura 47

Resultados del IRI, carril II – E07

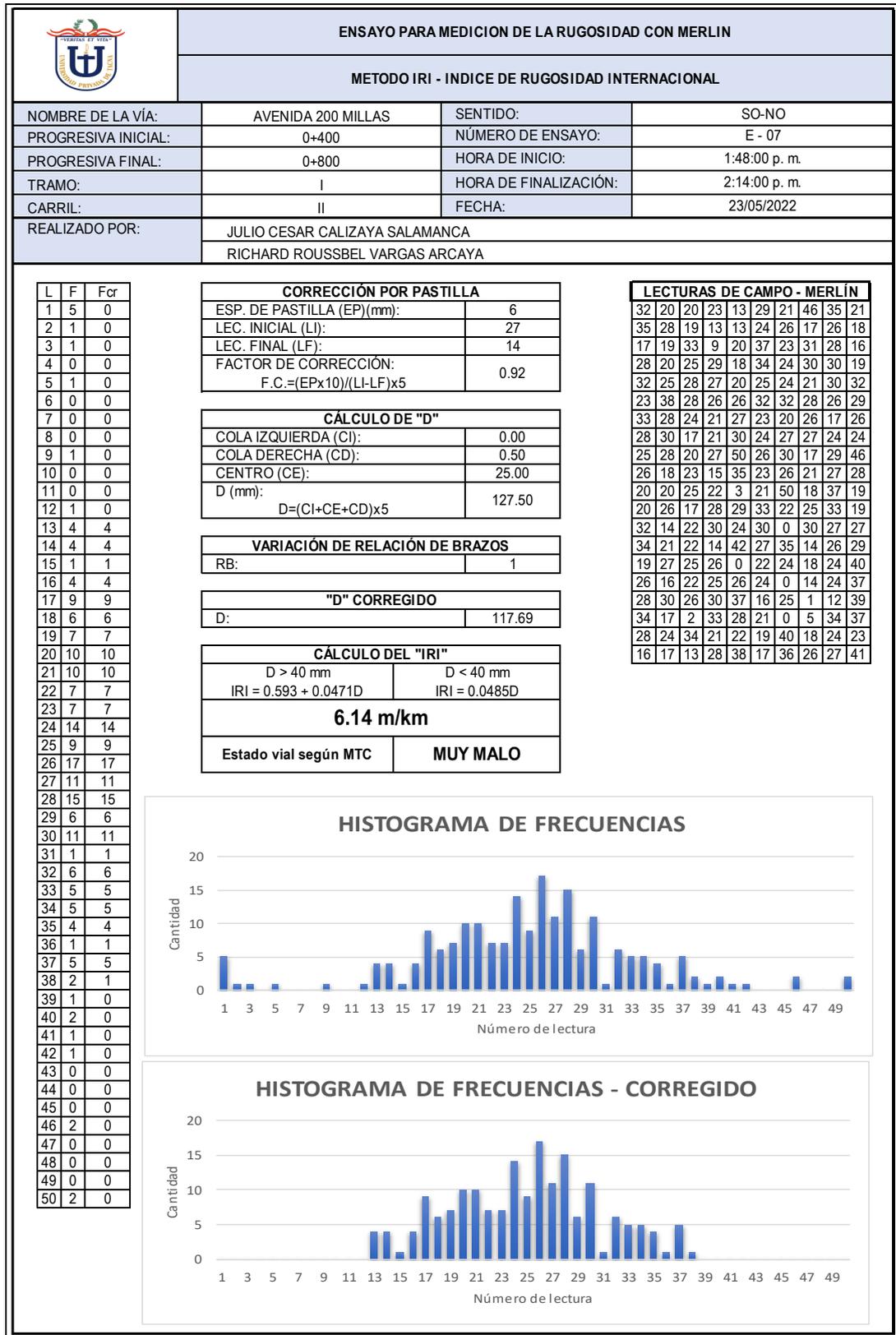


Figura 48

Datos de campo, carril II – E08

ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN			
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
HOJA DE CAMPO			
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS	SENTIDO:	SO - NO
PROGRESIVA INICIAL:	0+800	NÚMERO DE ENSAYO:	E08
PROGRESIVA FINAL:	1+200	HORA DE INICIO:	2:14:00 p. m.
TRAMO:	I	HORA DE FINALIZACIÓN:	2:45:00 p. m.
CARRIL:	II	FECHA:	23/05/2022
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA		
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	31	22	11	25	28	27	16	15	25	30
2	6	47	22	35	29	25	23	14	18	29
3	7	13	34	23	22	19	27	22	33	20
4	21	13	6	10	34	35	23	31	31	19
5	11	36	41	50	34	32	23	28	12	28
6	21	22	42	13	22	29	25	40	22	30
7	22	40	25	29	21	34	22	33	24	0
8	26	17	41	29	28	23	22	16	28	23
9	2	17	29	25	20	29	24	15	22	5
10	2	45	10	16	32	27	29	0	25	24
11	29	12	12	26	26	0	24	12	31	43
12	24	22	27	24	25	37	23	27	24	11
13	26	20	7	15	24	24	19	34	20	8
14	8	12	16	29	21	27	0	27	17	17
15	10	35	23	20	37	22	27	35	26	18
16	28	17	20	1	33	21	16	1	22	33
17	0	30	24	29	20	29	24	21	25	24
18	9	34	35	31	33	25	24	32	46	23
19	50	23	25	34	26	26	26	14	20	16
20	0	15	27	14	23	27	24	31	29	26

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Figura 49

Resultados del IRI, carril II – E08

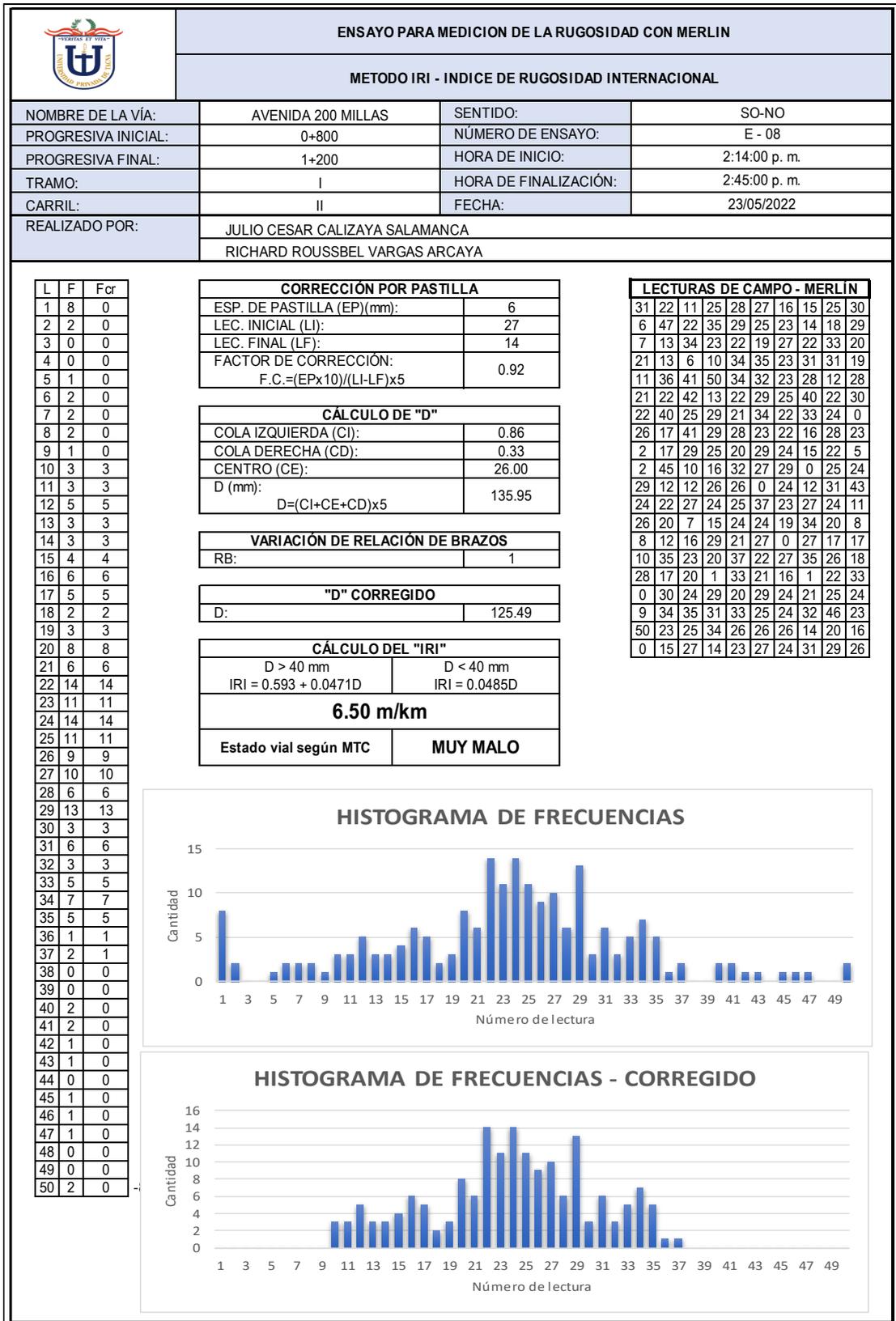


Figura 50

Datos de campo, carril II – E09

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN										
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL										
HOJA DE CAMPO										
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS					SENTIDO:			SO - NO	
PROGRESIVA INICIAL:	1+200					NÚMERO DE ENSAYO:			E09	
PROGRESIVA FINAL:	1+600					HORA DE INICIO:			2:45:00 p. m.	
TRAMO:	I					HORA DE FINALIZACIÓN:			3:10:00 p. m.	
CARRIL:	II					FECHA:			23/05/2022	
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA									
	RICHARD ROUSBEL VARGAS ARCAYA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	26	24	17	21	36	37	23	29	26
2	18	23	27	28	28	27	10	28	25	26
3	21	25	29	28	31	24	16	18	30	24
4	32	40	28	21	30	28	50	30	31	29
5	22	0	1	28	28	26	23	29	27	22
6	23	26	17	24	23	27	31	3	24	24
7	19	22	32	26	25	31	29	32	22	21
8	20	24	23	26	25	22	20	35	21	29
9	27	17	24	29	26	23	27	21	28	17
10	25	33	28	30	28	32	24	15	27	27
11	32	27	23	23	12	22	26	17	27	25
12	26	23	37	28	26	24	28	22	31	37
13	36	32	21	25	28	31	18	3	26	29
14	29	25	17	24	31	28	28	29	32	21
15	38	28	23	28	12	20	23	25	28	27
16	22	26	32	31	18	44	19	24	27	37
17	36	27	25	22	23	21	34	23	24	16
18	45	23	28	28	21	19	29	25	21	24
19	33	20	25	23	30	2	34	24	31	23
20	23	21	22	24	22	32	20	17	22	21

TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Figura 51

Resultados del IRI, carril II – E09

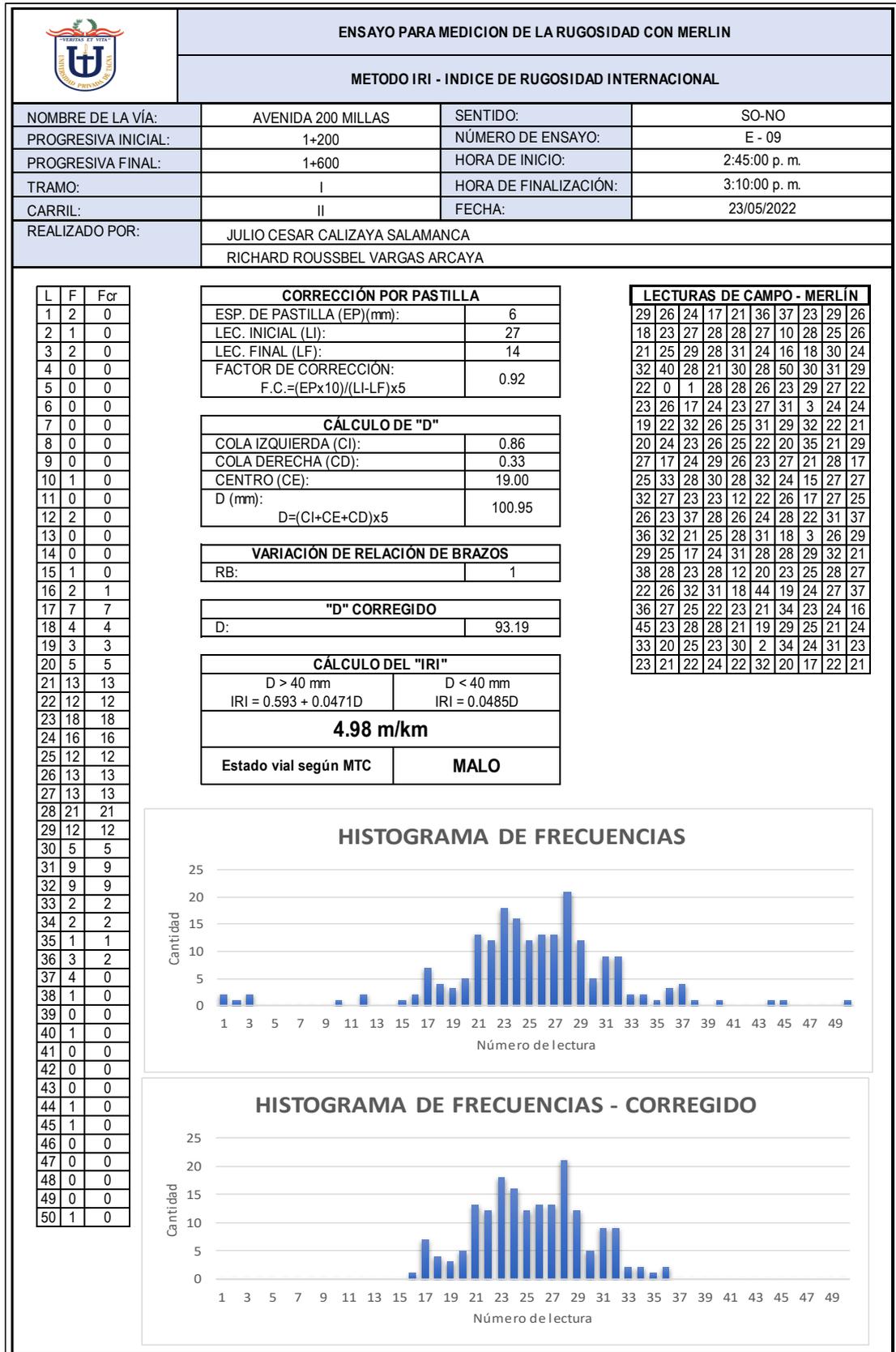


Figura 52

Datos de campo, carril II – E10

 ENSAYO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN			
METODO IRI - INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL			
HOJA DE CAMPO			
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS	SENTIDO:	SO - NO
PROGRESIVA INICIAL:	1+600	NÚMERO DE ENSAYO:	E10
PROGRESIVA FINAL:	1+890	HORA DE INICIO:	3:10:00 p. m.
TRAMO:	I	HORA DE FINALIZACIÓN:	3:45:00 p. m.
CARRIL:	II	FECHA:	23/05/2022
REALIZADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA		
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	32	29	16	25	23	10	21		
2	29	21	32	25	25	24	30	38		
3	27	27	25	26	26	30	23	12		
4	29	27	31	27	22	28	29	31		
5	28	24	32	29	27	19	22	26		
6	29	23	27	22	25	8	32			
7	27	25	28	23	20	29	28			
8	27	23	25	30	26	27	22			
9	35	24	31	25	31	41	26			
10	27	31	26	25	30	33	29			
11	28	30	24	22	30	29	21			
12	30	24	25	31	26	23	36			
13	17	24	26	22	30	27	26			
14	28	21	31	21	25	29	26			
15	34	23	18	23	23	29	24			
16	23	23	32	24	24	23	21			
17	18	25	25	27	25	26	27			
18	28	26	24	31	42	23	23			
19	27	30	28	21	0	27	28			
20	18	27	34	27	28	28	23			

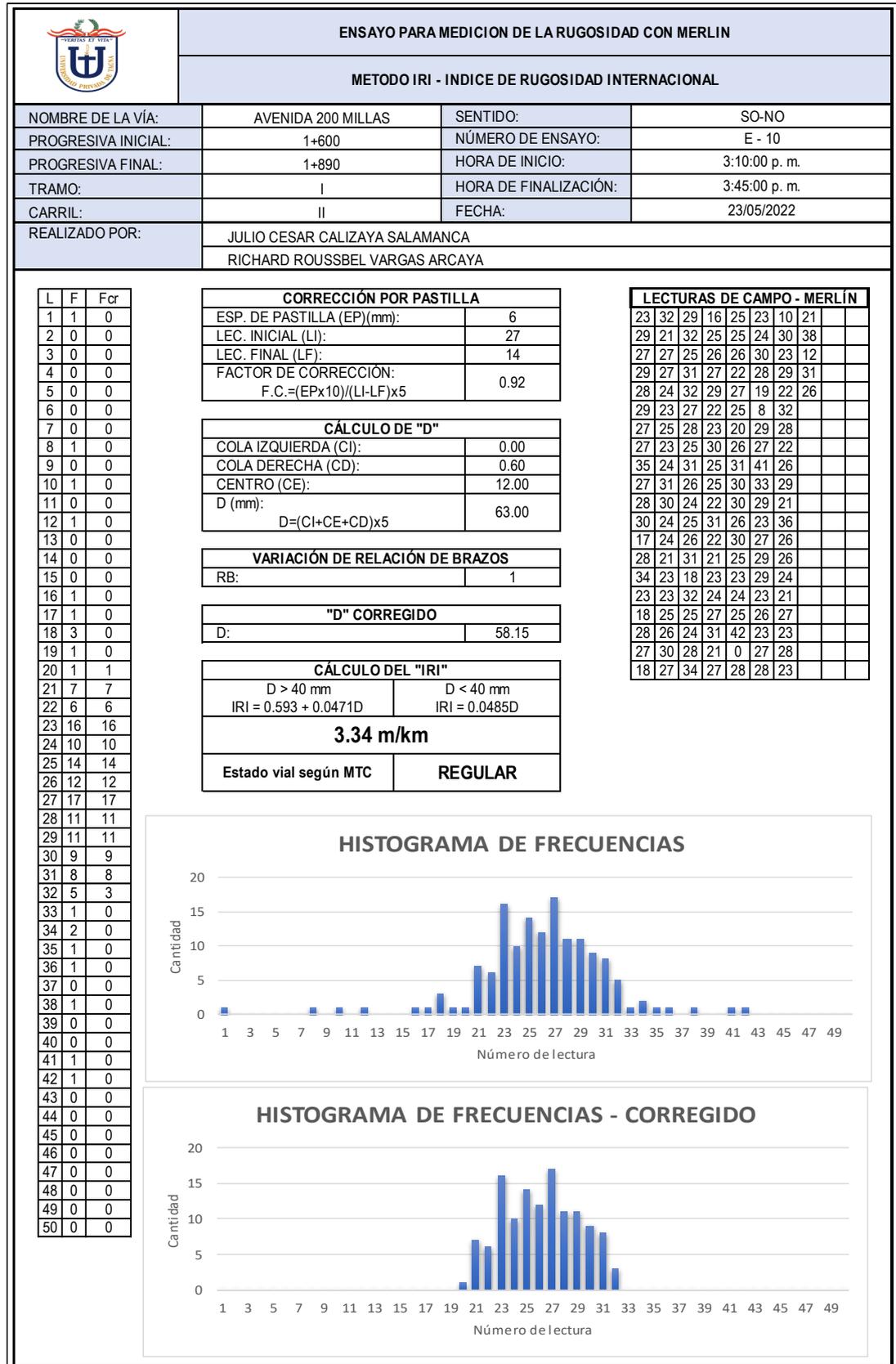
TIPO DE PAVIMENTO

AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	CARPETA EN CAL SELLO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>	TRAT. BI CAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Figura 53

Resultados del IRI, carril II – E10



4.2. Determinación del índice de condición del pavimento

4.2.1. Longitud de la unidad de la muestra

El ancho de calzada de la vía es 9,6 m, para la longitud de la unidad de la muestra tomaremos el valor de 31,5 m ya que es el máximo valor que podemos tomar de la tabla 6.

Tabla 6

Longitud de unidades de muestreo asfáltico

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5,00	46
5,50	41,8
6,00	38,3
6,50	35,4
7,3 (máximo)	31,5

Nota. Según el ancho de calzada medido en campo, se clasifica en nuestra tabla para hallar la longitud de muestra. Fuente: Vásquez (2002)

4.2.2. Unidades de muestra a evaluar

Realizamos el cálculo de número total de las unidades de muestra de la vía a evaluar.

- Número total de unidades

$$N = \frac{Lt}{Lm}$$

Lt: Longitud de tramo = 1,890 km

Lm: Longitud de Muestra = 31,5 m

$$N = \frac{1890 \text{ m}}{31,5 \text{ m}}$$

$$N = \frac{1890 \text{ m}}{31,5 \text{ m}}$$

$$N = 60$$

- Mínimo número de unidades a evaluar

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5 %)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades

Reemplazando valores:

$$n = \frac{60x10^2}{\frac{5^2}{4}x(60-1) + 10^2}$$

$$n = 12,8$$

$$n = 13$$

4.2.3. Intervalo de unidades de muestra

Calculamos el intervalo de la muestra (i):

- Intervalo de unidades de muestra

$$i = \frac{N}{n}$$

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

Reemplazando valores:

$$i = \frac{60}{13}$$

$$i = 4,62 \cong 4$$

- Resumen de los resultados

En la siguiente tabla se da el resumen de los valores hallados de la vía.

Tabla 7

Resumen de valores hallados de la vía

Datos	Tramo I
Longitud de la Sección	1890
Longitud de Unidad de Muestra	31,5
Número total de U.M. (N)	60
Número mínimo de U.M. (n)	13
Intervalo de Muestreo (i)	4

Tabla 8

Unidades de muestra para inspección

Tramo	Unidad de muestra	Long. de muestra (ml)	Área (m ²)	Progresiva inicial	Progresiva final
1	1	31,5	302,4	0+000,00	0+031,50
	5	31,5	302,4	0+126,00	0+157,50
	9	31,5	302,4	0+252,00	0+283,50
	13	31,5	302,4	0+378,00	0+409,50
	17	31,5	302,4	0+504,00	0+535,50
	21	31,5	302,4	0+630,00	0+661,50
	25	31,5	302,4	0+756,00	0+787,50
	29	31,5	302,4	0+882,00	0+913,50
	33	31,5	302,4	1+008,00	1+039,50
	37	31,5	302,4	1+134,00	1+165,50
	41	31,5	302,4	1+260,00	1+291,50
	45	31,5	302,4	1+386,00	1+417,50
	49	31,5	302,4	1+512,00	1+543,50
	53	31,5	302,4	1+638,00	1+669,50
	57	31,5	302,4	1+764,00	1+795,50

Nota. Unidades de muestra para inspección con sus respectivas progresivas de inicio y final.

Figura 55

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-01

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA			AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:			UM - 01							
ABSCISA INICIAL:			0+000				ÁREA DE MUESTREO (m2):			302.4							
ABSCISA FINAL:			0+032				FECHA			15/04/2022							
INSPECCIONADO POR:			JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAAYA														
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO			FALLA				UNIDAD										
1			PIEL DE COCODRILO				m2										
2			EXUDACIÓN				m2										
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE				m2										
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO				m										
5			CORRUGACIÓN				m2										
6			DEPRESIÓN				m2										
7			GRIETA DE BORDE				m										
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA				m										
9			DESIVEL CARRIL/ BERMA				m										
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES				m										
CÓDIGO			FALLA				UNIDAD										
11			PARCHEO				m2										
12			PULIMIENTO DE AGREGADOS				m2										
13			BACHES				und										
14			CRUCE DE VÍA FERREA				m2										
15			AHUELLAMIENTO				m2										
16			DESPLAZAMIENTO				m2										
17			GRIETA PARABÓLICA				m2										
18			HINCHAMIENTO				m2										
19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				m2										
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
11	M	m2	116.69						116.69	38.59	55						
19	M	m2	185.50						185.50	61.34	36						
13	L	und	1.00						1.00	0.33	0.14						
											TOTAL DE VALOR VD:	91.14					
Número de valores deducidos >2 (q)		2.00															
Valor deducido más alto HDVi:		55.00															
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :		5															
$mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																	
Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO							
1	55	36.00						91.00	2	68							
2	55							55.00	1	42							
										Máx. VDC	68						
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85	EXELENTE																
85 - 70	MUY BUENO																
70 - 55	BUENO																
55 - 40	REGULAR																
40 - 25	MALO																
25 - 10	MUY MALO																
10 - 0	FALLADO																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):		PCI = 100 - (Máx. VDC)															
		32															
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI		MALO															

Figura 57

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-05

 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI - Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA			AVENIDA 200 MILLAS					UNIDAD DE MUESTREO:		UM - 05							
ABSCISA INICIAL:			0+126					ÁREA DE MUESTREO (m2):		302.4							
ABSCISA FINAL:			0+158					FECHA		15/04/2022							
INSPECCIONADO POR:			JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA														
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO			FALLA					UNIDAD									
1			PIEL DE COCODRILO					m2									
2			EXUDACIÓN					m2									
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE					m2									
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO					m									
5			CORRUGACIÓN					m2									
6			DEPRESIÓN					m2									
7			GRIETA DE BORDE					m									
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA					m									
9			DESIVEL CARRIL/ BERMA					m									
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES					m									
11			PARCHEO					m2									
12			PULIMIENTO DE AGREGADOS					m2									
13			BACHES					und									
14			CRUCE DE VÍA FERREA					m2									
15			AHUELLAMIENTO					m2									
16			DESPLAZAMIENTO					m2									
17			GRIETA PARABÓLICA					m2									
18			HINCHAMIENTO					m2									
19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS					m2									
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CANTIDAD																	
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
11	M	m2	0.95						0.95	0.31	5						
11	H	m2	16.20	8.50	14.82	5.31	26.25	19.13	90.20	29.83	74						
10	M	m	3.24	0.71					3.95	1.31	3						
19	M	m2	211.25						211.25	69.86	38						
										TOTAL DE VALOR VD:	120						
Número de valores deducidos >2 (q)		4.00															
Valor deducido más alto HDVi:		74.00															
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :		3															
$m_i = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																	
Nº	VALORES DEDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO				
1	74	38.00	5.00								117.00	3	72				
2	74	38.00	2.00								114.00	2	80				
3	74	2.00	2.00								78.00	1	78				
												Máx. VDC	80				
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85	EXELENTE																
85 - 70	MUY BUENO																
70 - 55	BUENO																
55 - 40	REGULAR																
40 - 25	MALO																
25 - 10	MUY MALO																
10 - 0	FALLADO																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):								PCI = 100 - (Máx. VDC)									
								20									
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:								MUY MALO									

Figura 59

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-09

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI - Pavement Condition Index)																		
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																		
NOMBRE DE LA VÍA			AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:			UM - 09								
ABSCISA INICIAL:			0+252				ÁREA DE MUESTREO (m2):			302.4								
ABSCISA FINAL:			0+284				FECHA			15/04/2022								
INSPECCIONADO POR:			JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAAYA															
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																		
CÓDIGO			FALLA				UNIDAD			CÓDIGO			FALLA			UNIDAD		
1			PIEL DE COCODRILO				m2			11			PARCHEO			m2		
2			EXUDACIÓN				m2			12			PULMIENTO DE AGREGADOS			m2		
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE				m2			13			BACHES			und		
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO				m			14			CRUCE DE VÍA FERREA			m2		
5			CORRUGACIÓN				m2			15			AHUELLAMIENTO			m2		
6			DEPRESIÓN				m2			16			DESPLAZAMIENTO			m2		
7			GRIETA DE BORDE				m			17			GRIETA PARABÓLICA			m2		
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA				m			18			HINCHAMIENTO			m2		
9			DESNIVEL CARRIL/ BERMA				m			19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			m2		
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES				m											
NIVEL DE SEVERIDAD:																		
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H			
CÓDIGO DE FALLA		NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
11		H	m2	47.88		1.58		2.82		1.51			53.79	17.79	65			
11		M	m2	8.87		0.79		1.21		13.99			24.85	8.22	28			
19		M	m2	222.82									222.82	73.68	73			
13		L	m2	1.00									1.00	0.33	9			
13		M	m2	1.00									1.00	0.33	15			
												TOTAL DE VALOR VD:	190					
Número de valores deducidos >2 (q)		5.00																
Valor deducido más alto HDVi:		73.00																
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :		3																
$m_i = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																		
Nº	VALORES DEDUCIDOS											VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO				
1	73		65		28.00								166.00	3	96			
2	73		65		2								140.00	2	90			
3	73		2		2								77.00	1	76			
												Máx. VDC	96					
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																		
100 - 85			EXELENTE															
85 - 70			MUY BUENO															
70 - 55			BUENO															
55 - 40			REGULAR															
40 - 25			MALO															
25 - 10			MUY MALO															
10 - 0			FALLADO															
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):		PCI = 100 - (Máx. VDC)																
		4																
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:		FALLADO																

Figura 63

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-17

 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)																							
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																							
NOMBRE DE LA VÍA		AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:		UM - 17															
ABSCISA INICIAL:		0+504				ÁREA DE MUESTREO (m2):		302.4															
ABSCISA FINAL:		0+536				FECHA		15/04/2022															
INSPECCIONADO POR:		JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAJA																					
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																							
CÓDIGO			FALLA			UNIDAD			CÓDIGO			FALLA			UNIDAD								
1			PIEL DE COCODRILO			m2			11			PARCHEO			m2								
2			EXUDACIÓN			m2			12			PULIMENTO DE AGREGADOS			m2								
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE			m2			13			BACHES			und								
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO			m			14			CRUCE DE VÍA FERREA			m2								
5			CORRUGACIÓN			m2			15			AHUELLAMIENTO			m2								
6			DEPRESIÓN			m2			16			DESPLAZAMIENTO			m2								
7			GRIETA DE BORDE			m			17			GRIETA PARABÓLICA			m2								
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA			m			18			HINCHAMIENTO			m2								
9			DESNIVEL CARRIL/ BERMA			m			19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			m2								
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES			m																	
NIVEL DE SEVERIDAD:																							
BAJA (Low)				L				MEDIA (Medium)				M				ALTA (High)				H			
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO												
11	H	m2	51.66	0.25					51.91	17.17	64												
19	M	m2	203.87						203.87	67.42	37												
10	L	m	1.21	1.11	0.59				2.91	0.96	0												
3	H	m2	46.62						46.62	15.42	36												
										TOTAL DE VALOR VD:	137												
Número de valores deducidos >2 (q)		3.00																					
Valor deducido más alto HDVi:		64.00																					
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :		4																					
$m_i = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																							
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO														
1	64	37	36				137.00	3	83														
2	64	37	2				103.00	2	76														
3	64	2	2				68.00	1	68														
									Máx. VDC	83													
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																							
100 - 85	EXELENTE																						
85 - 70	MUY BUENO																						
70 - 55	BUENO																						
55 - 40	REGULAR																						
40 - 25	MALO																						
25 - 10	MUY MALO																						
10 - 0	FALLADO																						
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):		PCI = 100 - (Máx. VDC)																					
		17																					
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:		MUY MALO																					

Figura 65

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-21

 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA			AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:			UM - 21							
ABSCISA INICIAL:			0+630				ÁREA DE MUESTREO (m2):			302.4							
ABSCISA FINAL:			0+662				FECHA			15/04/2022							
INSPECCIONADO POR:			JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAAYA														
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO		FALLA					UNIDAD		CÓDIGO		FALLA		UNIDAD				
1		PIEL DE COCODRILO					m2		11		PARCHEO		m2				
2		EXUDACIÓN					m2		12		PULIMIENTO DE AGREGADOS		m2				
3		AGRIETAMIENTO EN BLOQUE					m2		13		BACHES		und				
4		ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO					m		14		CRUCE DE VÍA FERREA		m2				
5		CORRUGACIÓN					m2		15		AHUELLAMIENTO		m2				
6		DEPRESIÓN					m2		16		DESPLAZAMIENTO		m2				
7		GRIETA DE BORDE					m		17		GRIETA PARABÓLICA		m2				
8		GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA					m		18		HINCHAMIENTO		m2				
9		DESNIVEL CARRIL/ BERMA					m		19		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		m2				
10		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES					m										
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
13	H	m2	2.00	1.00	6.00	2.00			11.00	3.64	81						
19	H	m2	288.01						288.01	95.24	73						
8	M	m	7.30						7.30	2.41	5						
15	M	m2	9.22						9.22	3.05	29						
10	H	m	10.30						10.30	3.41	19						
10	M	m	21.20						21.20	7.01	15						
										TOTAL DE VALOR VD:	222						
Número de valores deducidos >2 (q)		6.00															
Valor deducido más alto HDVi:		81.00															
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :		3															
$mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																	
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
1	81	73	29				183.00	3	97								
2	81	73	2				156.00	2	96								
3	81	2	2				85.00	1	87								
									Máx. VDC	97							
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85	EXELENTE																
85 - 70	MUY BUENO																
70 - 55	BUENO																
55 - 40	REGULAR																
40 - 25	MALO																
25 - 10	MUY MALO																
10 - 0	FALLADO																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):		PCI = 100 - (Máx. VDC)															
		3															
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:		FALLADO															

Figura 67

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-25

 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA			AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:			UM - 25							
ABSCISA INICIAL:			0+756				ÁREA DE MUESTREO (m2):			302.4							
ABSCISA FINAL:			0+788				FECHA			15/04/2022							
INSPECCIONADO POR:			JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA														
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO			FALLA				UNIDAD										
1			PIEL DE COCODRILO				m2										
2			EXUDACIÓN				m2										
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE				m2										
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO				m										
5			CORRUGACIÓN				m2										
6			DEPRESIÓN				m2										
7			GRIETA DE BORDE				m										
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA				m										
9			DESNIVEL CARRIL/ BERMA				m										
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES				m										
CÓDIGO			FALLA				UNIDAD										
11			PARCHEO				m2										
12			PULIMENTO DE AGREGADOS				m2										
13			BACHES				und										
14			CRUCE DE VÍA FERREA				m2										
15			AHUELLAMIENTO				m2										
16			DESPLAZAMIENTO				m2										
17			GRIETA PARABÓLICA				m2										
18			HINCHAMIENTO				m2										
19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS				m2										
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CÓDIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
13	M	m2	1.00	1.00	1.00				3.00	0.99	31						
10	M	m	0.83	3.25					4.08	1.35	3						
13	H	m2	2.00	1.00	2.00				5.00	1.65	62						
3	M	m2	5.10	0.72	5.77				11.58	3.83	12						
3	H	m2	60.27						60.27	19.93	41						
1	M	m2	10.71						10.71	3.54	34						
9	M	m	31.50						31.50	10.42	8						
19	M	m2	174.46						174.46	57.69	35						
										TOTAL DE VALOR VD:		331					
Número de valores deducidos >2 (q)		11.00															
Valor deducido más alto HDVi:		62.00															
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :		4															
$mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																	
Nº	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
1	62	55	41	35					193.00	4	97						
2	62	55	41	2					160.00	3	93						
3	62	55	2	2					121.00	2	82						
4	62	2	2	2					68.00	1	69						
										Máx. VDC		97					
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85		EXELENTE															
85 - 70		MUY BUENO															
70 - 55		BUENO															
55 - 40		REGULAR															
40 - 25		MALO															
25 - 10		MUY MALO															
10 - 0		FALLADO															
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):		PCI = 100 - (Máx. VDC)															
		3															
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:		FALLADO															

Figura 69

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-29

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI - Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA		AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:		UM - 29									
ABSCISA INICIAL:		0+882				ÁREA DE MUESTREO (m2):		302.4									
ABSCISA FINAL:		0+914				FECHA		15/04/2022									
INSPECCIONADO POR:		JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA															
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO			FALLA			UNIDAD			CÓDIGO			FALLA			UNIDAD		
1			PIEL DE COCODRILO			m2			11			PARCHEO			m2		
2			EXUDACIÓN			m2			12			PULIMIENTO DE AGREGADOS			m2		
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE			m2			13			BACHES			und		
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO			m			14			CRUCE DE VÍA FERREA			m2		
5			CORRUGACIÓN			m2			15			AHUELLAMIENTO			m2		
6			DEPRESIÓN			m2			16			DESPLAZAMIENTO			m2		
7			GRIETA DE BORDE			m			17			GRIETA PARABÓLICA			m2		
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA			m			18			HINCHAMIENTO			m2		
9			DESNIVEL CARRIL/ BERMA			m			19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			m2		
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES			m											
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CANTIDAD																	
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
9	M	m	31.50						31.50	10.42	8						
11	H	m2	4.42	0.96	1.41	0.46	4.76	3.04	15.05	4.98	36						
11	M	m2	9.08	17.89	3.09	0.70	14.40		45.16	14.93	39						
13	H	m2	1.00	1.00					2.00	0.66	45						
3	M	m2	21.12	6.50	2.21				29.83	9.87	16						
10	M	m2	5.20						5.20	1.72	4						
13	M	m2	3.00	2.00					5.00	1.65	41						
19	H	m2	191.22						191.22	63.23	71						
										TOTAL DE VALOR VD:	260						
Número de valores deducidos >2 (q)		8.00															
Valor deducido más alto HDVi:		71.00															
Número Máximo Admisible de V.D. (m) : $m_i = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$		4															
VALORES DEDUCIDOS																	
Nº								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO							
1	71	45	41	39				196.00	4	95							
2	71	45	41	2				159.00	3	90							
3	71	45	2	2				120.00	2	81							
4	71	2	2	2				77.00	1	76							
										Máx. VDC	95						
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85	EXELENTE																
85 - 70	MUY BUENO																
70 - 55	BUENO																
55 - 40	REGULAR																
40 - 25	MALO																
25 - 10	MUY MALO																
10 - 0	FALLADO																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):																	
PCI = 100 - (Máx. VDC)																	
5																	
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:																	
FALLADO																	

Figura 75

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-41

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI - Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA:	AVENIDA 200 MILLAS					UNIDAD DE MUESTREO:	UM - 41										
ABSCISA INICIAL:	1+260					ÁREA DE MUESTREO (m ²):	302.4										
ABSCISA FINAL:	1+292					FECHA:	15/04/2022										
INSPECCIONADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAAYA																
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO	FALLA					UNIDAD	CÓDIGO	FALLA					UNIDAD				
1	PIEL DE COCODRILO					m ²	11	PARCHEO					m ²				
2	EXUDACIÓN					m ²	12	PULIMIENTO DE AGREGADOS					m ²				
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE					m ²	13	BACHES					und				
4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO					m	14	CRUCE DE VÍA FERREA					m ²				
5	CORRUGACIÓN					m ²	15	AHUELLAMIENTO					m ²				
6	DEPRESIÓN					m ²	16	DESPLAZAMIENTO					m ²				
7	GRIETA DE BORDE					m	17	GRIETA PARABÓLICA					m ²				
8	GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA					m	18	HINCHAMIENTO					m ²				
9	DESNIVEL CARRIL/ BERMA					m	19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS					m ²				
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES					m											
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
11	H	m ²	7.70	14.49				22.19	7.34	43							
13	M	m ²	1.00	2.00	1.00	1.00		5.00	1.65	41							
3	M	m ²	4.06	1.22				5.28	1.75	5							
15	M	m ²	14.76	8.82				23.58	7.80	40							
11	M	m ²	19.56	3.54				23.10	7.64	27							
3	H	m ²	2.86					2.86	0.94	6							
19	H	m ²	219.39					219.39	72.55	72							
									TOTAL DE VALOR VD:	234							
Número de valores deducidos >2 (q)		7.00															
Valor deducido más alto HDVi:		72.00															
Número Máximo Admisible de V.D. (m) : $mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$		4															
Nº	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
1	72	43	41	40					196.00	4	95						
2	72	43	41	2					158.00	3	92						
3	72	43	2	2					119.00	2	82						
4	72	2	2	2					78.00	1	78						
									Máx. VDC	95							
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85	EXELENTE																
85 - 70	MUY BUENO																
70 - 55	BUENO																
55 - 40	REGULAR																
40 - 25	MALO																
25 - 10	MUY MALO																
10 - 0	FALLADO																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):		PCI = 100 - (Máx. VDC)															
		5															
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:		FALLADO															

Figura 77

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-45

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA		AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:		UM - 45									
ABSCISA INICIAL:		1+386				ÁREA DE MUESTREO (m2):		302.4									
ABSCISA FINAL:		1+418				FECHA		15/04/2022									
INSPECCIONADO POR:		JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA				RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA											
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO			FALLA			UNIDAD			CÓDIGO			FALLA			UNIDAD		
1			PIEL DE COCODRILO			m2			11			PARCHEO			m2		
2			EXUDACIÓN			m2			12			PULIMIENTO DE AGREGADOS			m2		
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE			m2			13			BACHES			und		
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO			m			14			CRUCE DE VÍA FERREA			m2		
5			CORRUGACIÓN			m2			15			AHUELLAMIENTO			m2		
6			DEPRESIÓN			m2			16			DESPLAZAMIENTO			m2		
7			GRIETA DE BORDE			m			17			GRIETA PARABÓLICA			m2		
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA			m			18			HINCHAMIENTO			m2		
9			DESNIVEL CARRIL/ BERMA			m			19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			m2		
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES			m											
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)		L		MEDIA (Medium)		M		ALTA (High)		H							
CÓDIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
11	M	m2	51.35						51.35	16.98	41						
3	M	m2	4.10	2.58					6.68	2.21	7						
10	L	m	1.10						1.10	0.36	0						
11	H	m2	67.41						67.41	22.29	69						
13	M	m2	1.00	1.00	4.00				6.00	1.98	45						
19	M	m2	170.97						170.97	56.54	35						
										TOTAL DE VALOR VD:		197					
Número de valores deducidos >2 (q)			5.00														
Valor deducido más alto HDVi:			69.00														
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :			4														
$mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																	
Nº	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
1	69	45	41	35					190.00	4	95						
2	69	45	41	2					157.00	3	90						
3	69	45	2	2					118.00	2	81						
4	69	2	2	2					75.00	1	76						
										Máx. VDC		95					
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI			ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):														
100 - 85			EXLENTE														
85 - 70			MUY BUENO														
70 - 55			BUENO														
55 - 40			REGULAR														
40 - 25			MALO														
25 - 10			MUY MALO														
10 - 0			FALLADO														
			PCI = 100 - (Máx. VDC)														
			5														
			CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:														
			FALLADO														

Figura 79

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-49

 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI - Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA			AVENIDA 200 MILLAS					UNIDAD DE MUESTREO:		UM - 49							
ABSCISA INICIAL:			1+512					ÁREA DE MUESTREO (m2):		302.4							
ABSCISA FINAL:			1+544					FECHA		15/04/2022							
INSPECCIONADO POR:			JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAJA														
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
CÓDIGO			FALLA					UNIDAD									
1			PIEL DE COCODRILO					m2									
2			EXUDACIÓN					m2									
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE					m2									
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO					m									
5			CORRUGACIÓN					m2									
6			DEPRESIÓN					m2									
7			GRIETA DE BORDE					m									
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA					m									
9			DESNIVEL CARRIL/ BERMA					m									
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES					m									
CÓDIGO			FALLA					UNIDAD									
11			PARCHEO					m2									
12			PULIMIENTO DE AGREGADOS					m2									
13			BACHES					und									
14			CRUCE DE VÍA FERREA					m2									
15			AHUELLAMIENTO					m2									
16			DESPLAZAMIENTO					m2									
17			GRIETA PARABÓLICA					m2									
18			HINCHAMIENTO					m2									
19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS					m2									
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
13	M	und	1.00						1.00	0.33	15						
11	H	m2	5.36	51.92	13.85	0.78	9.88		81.79	27.05	73						
13	H	m2	1.00						1.00	0.33	33						
19	M	m2	219.67						219.67	72.64	38						
										TOTAL DE VALOR VD:		159					
Número de valores deducidos >2 (q)			4.00														
Valor deducido más alto HDVi:			73.00														
Número Máximo Admisible de V.D. (m) : $mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$			3														
Nº	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
1	73	38	33						144.00	3	87						
2	73	38	2						113.00	2	78						
3	73	2	2						77.00	1	76						
										Máx. VDC		87					
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85			EXLENTE														
85 - 70			MUY BUENO														
70 - 55			BUENO														
55 - 40			REGULAR														
40 - 25			MALO														
25 - 10			MUY MALO														
10 - 0			FALLADO														
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):			PCI = 100 - (Máx. VDC)														
			13														
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:			MUY MALO														

Figura 81

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-53

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)																	
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																	
NOMBRE DE LA VÍA	AVENIDA 200 MILLAS					UNIDAD DE MUESTREO:	UM - 53										
ABSCISA INICIAL:	1+638					ÁREA DE MUESTREO (m2):	302.4										
ABSCISA FINAL:	1+670					FECHA	15/04/2022										
INSPECCIONADO POR:	JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA																
	RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAAYA																
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																	
	CÓDIGO	FALLA	UNIDAD			CÓDIGO	FALLA	UNIDAD									
	1	PIEL DE COCODRILO	m2			11	PARCHEO	m2									
	2	EXUDACIÓN	m2			12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	m2									
	3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2			13	BACHES	und									
	4	ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO	m			14	CRUCE DE VÍA FERREA	m2									
	5	CORRUGACIÓN	m2			15	AHUELLAMIENTO	m2									
	6	DEPRESIÓN	m2			16	DESPLAZAMIENTO	m2									
	7	GRIETA DE BORDE	m			17	GRIETA PARABÓLICA	m2									
	8	GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA	m			18	HINCHAMIENTO	m2									
	9	DESNIVEL CARRIL/ BERMA	m			19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2									
	10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m														
NIVEL DE SEVERIDAD:																	
BAJA (Low)			L			MEDIA (Medium)			M			ALTA (High)			H		
CODIGO DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO						
13	H	m2	2.00	1.00	2.00				5.00	1.65	62						
10	M	m	4.80						4.80	1.59	4						
3	M	m2	3.97						3.97	1.31	3						
19	M	m2	297.08						297.08	98.24	43						
										TOTAL DE VALOR VD:	112						
Número de valores deducidos >2 (q)		4.00															
Valor deducido más alto HDVi:		62.00															
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :		4															
$mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																	
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO								
1	62	43	4	3			112.00	4	65								
2	62	43	4	2			111.00	3	70								
3	62	43	2	2			109.00	2	77								
4	62	2	2	2			68.00	1	69								
								Máx. VDC	77								
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																	
100 - 85	EXELENTE																
85 - 70	MUY BUENO																
70 - 55	BUENO																
55 - 40	REGULAR																
40 - 25	MALO																
25 - 10	MUY MALO																
10 - 0	FALLADO																
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):		PCI = 100 - (Máx. VDC)															
		23															
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:		MUY MALO															

Figura 83

Resultados del PCI de unidad de muestra UM-57

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI – Pavement Condition Index)																							
PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																							
NOMBRE DE LA VÍA		AVENIDA 200 MILLAS				UNIDAD DE MUESTREO:		UM - 57															
ABSCISA INICIAL:		1+764				ÁREA DE MUESTREO (m2):		302.4															
ABSCISA FINAL:		1+796				FECHA		15/04/2022															
INSPECCIONADO POR:		JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA																					
		RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAYA																					
TIPOS DE FALLA DE PAVIMENTO CON SUPERFICIE ASFÁLTICA:																							
CÓDIGO			FALLA			UNIDAD			CÓDIGO			FALLA			UNIDAD								
1			PIEL DE COCODRILO			m2			11			PARCHEO			m2								
2			EXUDACIÓN			m2			12			PULIMIENTO DE AGREGADOS			m2								
3			AGRIETAMIENTO EN BLOQUE			m2			13			BACHES			und								
4			ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO			m			14			CRUCE DE VÍA FERREA			m2								
5			CORRUGACIÓN			m2			15			AHUELLAMIENTO			m2								
6			DEPRESIÓN			m2			16			DESPLAZAMIENTO			m2								
7			GRIETA DE BORDE			m			17			GRIETA PARABÓLICA			m2								
8			GRIETA REFLEXIÓN DE JUNTA			m			18			HINCHAMIENTO			m2								
9			DESNIVEL CARRIL/ BERMA			m			19			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			m2								
10			GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES			m																	
NIVEL DE SEVERIDAD:																							
BAJA (Low)				L				MEDIA (Medium)				M				ALTA (High)				H			
CODIGO DEFALLA	NIVEL DE SEVERIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO												
4	M	m2	7.42					7.42	2.45	20													
11	H	m2	8.12					8.12	2.69	28													
11	M	m2	7.07					7.07	2.34	16													
19	M	m2	279.79					279.79	92.52	42													
										TOTAL DE VALOR VD:		106											
Número de valores deducidos >2 (q)			4.00																				
Valor deducido más alto HDVi:			42.00																				
Número Máximo Admisible de V.D. (m) :			6																				
			$mi = 1.00 + (9/98)(100 - HDVi)$																				
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO														
1	42	28	20	16			106.00	4	60														
2	42	28	20	2			92.00	3	59														
3	42	28	2	2			74.00	2	55														
4	42	2	2	2			48.00	1	48														
										Máx. VDC		60											
RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI																							
100 - 85	EXELENTE																						
85 - 70	MUY BUENO																						
70 - 55	BUENO																						
55 - 40	REGULAR																						
40 - 25	MALO																						
25 - 10	MUY MALO																						
10 - 0	FALLADO																						
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):			PCI = 100 - (Máx. VDC)																				
			40																				
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:			REGULAR																				

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de los resultados de la Rugosidad con el método de Merlín

Se determino los resultados obtenidos con el rugosímetro de Merlín de la calzada de la Avenida 200 Millas. Se obtuvieron los siguientes resultados: Carril I (derecho), IRI promedio igual a 6,02 m/km, Carril II (izquierdo), IRI promedio igual a 5,14 m/km, los valores obtenidos en los ensayos que se realizaron nos permiten obtener un IRI promedio de la calzada, igual a 5,58 m/km; el resultado obtenido nos permite calificar el estado de la rugosidad en todo el pavimento de la Avenida 200 Millas, siendo el estado del pavimento MUY MALO, así como se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9

Resultados de la rugosidad obtenida con el rugosímetro de Merlín

Carril I (Derecha)					Carril II (Izquierda)				
Progresiva		Rugosidad (m/km)	Estado del Pavimento		Progresiva		Rugosidad (m/km)	Estado del Pavimento	
0+000	al	0+400	4,81	MALO	0+000	al	0+400	4,72	Malo
0+400	al	0+800	5,81	MUY MALO	0+400	al	0+800	6,14	Muy malo
0+800	al	1+200	7,91	MUY MALO	0+800	al	1+200	6,50	Muy malo
1+200	al	1+600	6,90	MUY MALO	1+200	al	1+600	4,98	Malo
1+600	al	1+890	4,67	MALO	1+600	al	1+890	3,34	Regular
			6,020					5,136	

IRI promedio: 5,578 m/km

Estado del pavimento: MUY MALO

Los resultados que se presentan en la Tabla 9 detallan el valor R (m/km) durante el desarrollo de la evaluación de la rugosidad cada 400 metros en la vía. Se observa que tanto el carril derecho como el izquierdo el estado del pavimento es muy malo.

5.2. Discusión de los resultados del método del PCI

El método PCI, un método de inspección visual, diagnostica la condición de pavimento dañado a pavimento en excelentes condiciones en una escala de 0 a 100. Según lo inspeccionado en 15 unidades de muestra de estudio, se obtuvo un PCI total de 12,5. Según la tabla 10 la cual nos da a conocer la condición la condición en que se encuentra la vía, siendo esta MUY MALO. Y en la figura 84 observamos la representación visual lineal de los PCI obtenidos por unidad de muestra.

Tabla 10*Resumen de los resultados del PCI*

Tramo	Unidad de muestra	Progresiva inicial	Progresiva final	Long. de muestra (lm)	P.C.I.	Condición
1	UM 01	0+000	0+032	31,5	32	Malo
	UM 05	0+126	0+158	31,5	20	Muy malo
	UM 09	0+252	0+284	31,5	4	Fallado
	UM 13	0+378	0+410	31,5	13	Muy malo
	UM 17	0+504	0+536	31,5	17	Muy malo
	UM 21	0+630	0+662	31,5	3	Fallado
	UM 25	0+756	0+788	31,5	3	Fallado
	UM 29	0+882	0+914	31,5	5	Fallado
	UM 33	1+008	1+040	31,5	3	Fallado
	UM 37	1+134	1+166	31,5	2	Fallado
	UM 41	1+260	1+292	31,5	5	Fallado
	UM 45	1+386	1+418	31,5	5	Fallado
	UM 49	1+512	1+544	31,5	13	Muy malo
	UM 53	1+638	1+670	31,5	23	Muy malo
	UM 57	1+764	1+796	31,5	40	Regular
		Promedio				12,5

Nota. Resultados del PCI en todas las unidades de muestras evaluadas.

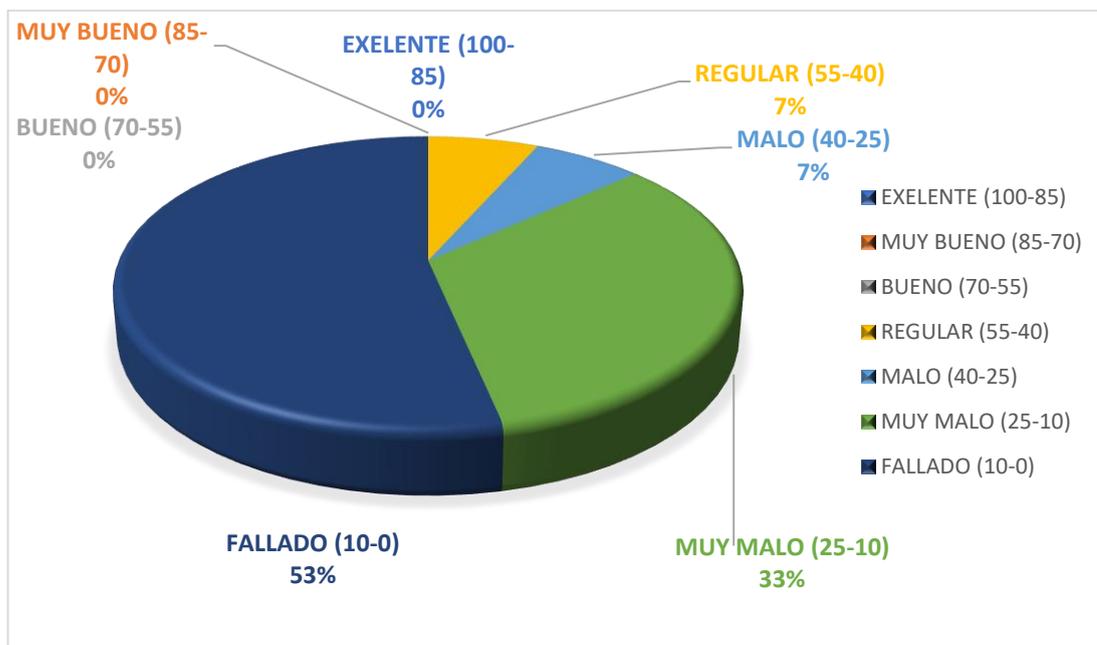
Figura 84*Unidad de muestra vs PCI*

Nota. Representación visual lineal de los PCI obtenidos por unidad de muestra.

Como se observa en la Figura 85 el 0 % de los datos obtenidos presenta un pavimento en estado excelente, muy bueno y bueno; así mismo un 7 % de regular, un 7 % en malo, un 33 % muy malo, un 53 % en fallado.

Figura 85

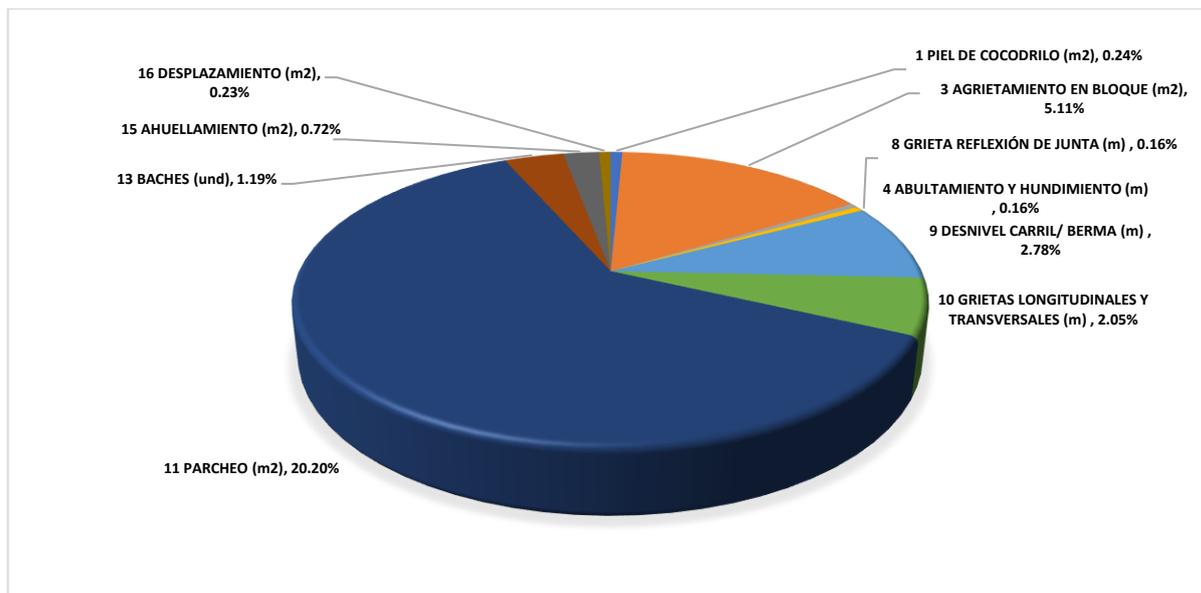
Condición de la vía en porcentajes según PCI



Nota. PCI en porcentajes, según unidades de muestras evaluadas

Figura 86

Tipo de fallas en porcentajes



Nota. En la figura no se incluyó la falla de desprendimiento de agregados, con el fin de mejorar la visualización ya representa el 70,97 %.

El tipo de falla de mayor densidad es el desprendimiento de agregados con una densidad del 70,97 %, como se presenta en mayor medida no se indica en la figura 86. Por ende, se describen las demás: parche un 20,20 %, agrietamiento en bloque un 5,11 %, desnivel carril/berma un 2,78 %, grietas longitudinales y transversales un 2,05 %, baches un 1,19 %, ahuellamiento un 0,72 %, desplazamiento un 0,23 %, piel de cocodrilo un 0,24 %, abultamiento y hundimiento un 0,16 % y grieta de reflexión de junta 0,16 %.

La siguiente tabla muestra la cantidad y unidad de medida por el tipo de falla.

Tabla 11

Cantidades totales por el tipo de falla

Nº	Tipo de falla	Unidad	Cantidad
1	Piel de cocodrilo	m ²	10,71
2	Exudación	m ²	0,00
3	Agrietamiento en bloque	m ²	231,68
4	Abultamiento y hundimiento	m	7,42
5	Corrugación	m ²	0,00
6	Depresión	m ²	0,00
7	Grieta de borde	m	0,00
8	Grieta reflexión de junta	m	7,30
9	Desnivel carril/berma	m	126,00
10	Grietas longitudinales y transversales	m	93,16
11	Parcheo	m ²	916,30
12	Pulimiento de agregados	m ²	0,00
13	Baches	und	54,00
14	Cruce de vía ferrea	m ²	0,00
15	Ahuellamiento	m ²	32,80
16	Desplazamiento	m ²	10,49
17	Grieta parabólica	m ²	0,00
18	Hinchamiento	m ²	0,00
19	Desprendimiento de agregados	m ²	3219,08

CONCLUSIONES

Se determino el estado de rugosidad y la conservación superficial del pavimento asfaltico en la Avenida 200 Millas, obteniendo un PCI de 12,5 con una clasificación de pavimento MUY MALO y un IRI de 5,578 con una clasificación MUY MALO.

Al realizar la evaluación superficial utilizando la metodología del PCI en la Avenida 200 Millas, se obtuvo un valor de PCI = 12,5, con una calificación de pavimento MUY MALO, según la Tabla 5 “Rangos de calificación del PCI”.

Se identifico las fallas presentes más frecuentes del pavimento asfaltico que se encuentran en la Avenida 200 Millas, siendo estas el desprendimiento de agregados con una densidad del 70,97 %, parche un 20,20 %, agrietamiento en bloque un 5,11 %, desnivel carril/berma un 2,78 %, grietas longitudinales y transversales un 2,05 %, baches un 1,19 %, ahuellamiento un 0,72 %, desplazamiento un 0,23 %, piel de cocodrilo un 0,24 %, abultamiento y hundimiento un 0,16 % y grieta de reflexión de junta 0,16 %.

Se realizó la evaluación superficial utilizando el rugosímetro de Merlín en la Avenida 200 Millas, de acuerdo al valor obtenido del carril I (derecho) un IRI = 6,020 m/Km, con una calificación de pavimento MUY MALO y el valor obtenido del carril II (izquierdo) un IRI = 5,136 m/Km, con una calificación de pavimento MUY MALO, se concluye que, la rugosidad en la avenida en estudio es equivalente a IRI = 5,578 m/Km que de acuerdo a la Tabla 9 “Resultados de la rugosidad obtenida con el rugosímetro de Merlín”, se considera en un estado de pavimento MUY MALO.

Se determino por medio del PCI las fallas superficiales que afectarían el Índice de Rugosidad Internacional, ya que el PCI es un método de inspección visual. Según lo inspeccionado en 15 unidades de muestra de estudio se determinó los tipos de falla desprendimiento de agregados, parche, agrietamiento en bloque, desnivel carril/berma, grietas longitudinales y transversales, baches, ahuellamiento, desplazamiento, piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento y grieta de reflexión de junta.

El resultado de la evaluación de evaluación de las fallas presentes en la Avenida 200 Millas nos permite indicar con un criterio técnico el tipo de intervención que necesita la vía estudiada, conforme a la tabla 2 “Intervención de acuerdo al PCI”, el tipo de intervención necesaria es la RECONSTRUCCIÓN.

RECOMENDACIONES

La recomendación que se da en base al pavimento flexible encontrado, el tipo de intervención es la reconstrucción del pavimento porque se encuentra en una muy mala condición. A las entidades correspondientes encargadas del control y preservación de las vías de comunicación en intervenir y realizar una reconstrucción en la avenida estudiada.

A la Municipalidad Distrital y Provincial de Tacna, invitarlos a realizar los estudios correspondientes tanto de la avenida y la importancia que tiene está considerando los diferentes establecimientos públicos aledaños a la avenida.

Considerando un crecimiento poblacional y la severidad de las fallas en el pavimento existente, se recomienda reemplazar en su totalidad al pavimento flexible existente de la avenida, esto debido a la existencia de parcheos en toda la avenida por cambio de instalaciones sanitarias públicas, huecos , grietas debido a la mala adherencia del parcheo con el pavimento existente, desprendimiento de agregados en su totalidad y entre otras de las fallas encontradas de mucha incidencia en esta avenida y considerar para un nuevo diseño lo ya antes mencionado.

Tomar en cuenta que la población sigue creciendo con el paso del tiempo y que a esta avenida se está considerando como una avenida principal ya que aledaño a esta existe comercio ambulatorio, mercados, colegios y parques, considerar el uso del pavimento rígido por su mayor vida útil, menor deformabilidad que el pavimento flexible y bajo costo de mantenimiento.

Con esta investigación se enfatiza la necesidad de crear un plan de mantenimiento rutinario de parte de la Municipalidad Provincial de Tacna, con el fin de conservar en buen estado las vías y de esta forma garantizar que el transporte sea seguro y exista un buen confort en los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allende, F. (2017). *Evaluación Comparativa de las Vías: Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Ryaniyoc; según la determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI)*. Lima: Universidad Andina del Cusco.
- Amaya C. y Rojas G. (2017). *Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- ASTM. (2003). *Procedimiento estándar para la inspección del Índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos- ASTM d6433 Estados Unidos*.
- Atarama , E. (2015). *Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES*. Piura.
- Chávez M. y Pañarreta T. (2019). *Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento*. Cuenca: Universidad de Cuenca,.
- Coral G. y León A. (2020). *Índices de la condición superficial del pavimento para determinar el modelo de regresión en la avenida defensores del morro*. Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Huaccha, C. (2019). *Evaluación del pavimento flexible de la Av. Mario Urteaga mediante el rugosímetro de Merlín y el método PCI para determinar el estado de condición del pavimento,2017*. Cajamarca.
- Jaime, S. (2016). *Estudio del Índice de rugosidad internacional de la Panamericana Norte* . Trujillo.
- Lozano, J., & Mamani, D. (2021). *Evaluación de la rugosidad en el pavimento utilizando teléfonos inteligentes para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Antunez de Mayolo, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna - 2021*. Tacna.
- Mamani, B. &. (2020). *Cálculo de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la Av. Juan Moore, Tramo: Calle Argentina - Calle Precursores, Tacna - 2020*. Tacna.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*. Lima.
- Montejo, F. A. (2010). *Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

- Pachay, I. (2017). *Evaluación de la condición del pavimento flexible vía de acceso a la parroquia La Unión (0+000 – 0+966) aplicando el método PCI*. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Ramírez, B. (2017). *Cálculo del IRI mediante Acelerómetro de Smartphone en el tramo de Huarmey – Casma de la carretera Panamericana Norte*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Tacza E. y Rodríguez B. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

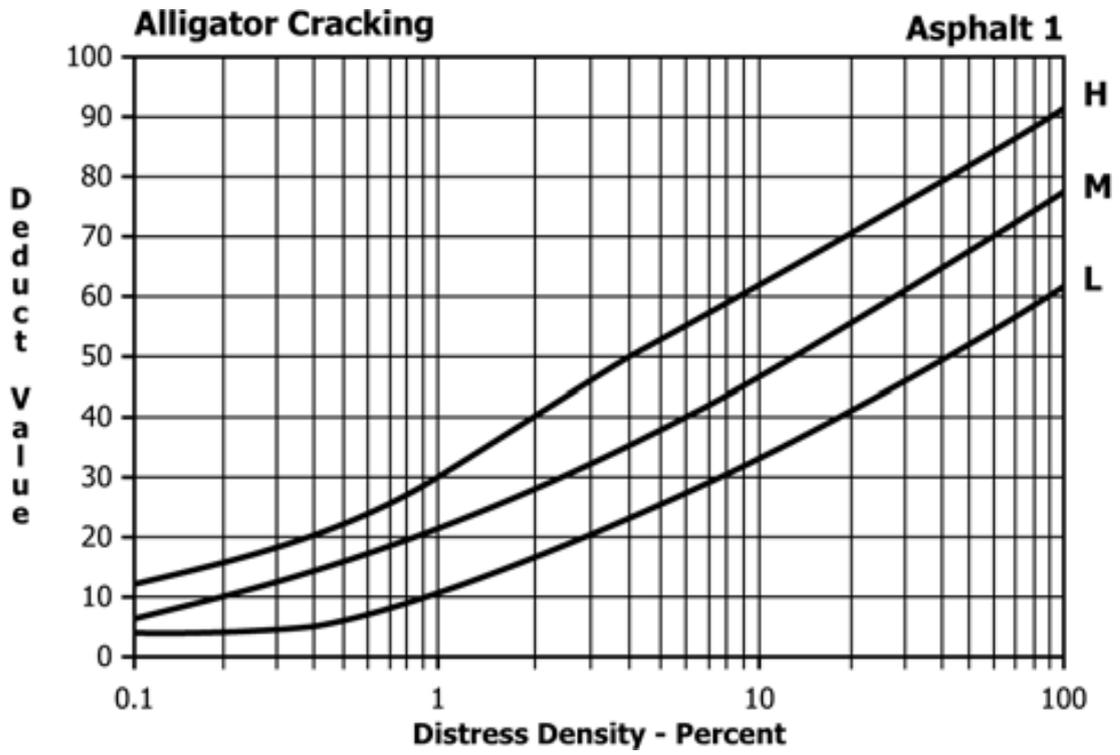
RUGOSIDAD Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA AVENIDA 200 MILLAS, TACNA, 2022					
Tesis: Bach. JULIO CESAR CALIZAYA SALAMANCA - Bach. RICHARD ROUSSBEL VARGAS ARCAJA					
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿Cuál es el estado de rugosidad y la conservación superficial del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas de la ciudad de Tacna?</p> <p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los parámetros de evaluación del estado superficial de la Avenida 200 Millas según la metodología del PCI? ¿Qué fallas frecuentes se encuentran en el pavimento asfáltico de la Avenida 200 Millas? ¿Cuáles son los parámetros de evaluación de la rugosidad de la Avenida 200 Millas según el rugosímetro de MERLIN? ¿Cómo las fallas superficiales afectan la rugosidad del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas? ¿Cuáles son los criterios técnicos para la reparación de fallas, con la finalidad mejorar el estado situacional del pavimento? 	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El estado de rugosidad y la conservación superficial del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas de la ciudad de Tacna, es malo.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> La identificación de los parámetros de evaluación según la metodología del PCI determinará el estado superficial del pavimento asfáltico de la Avenida 200 Millas. Las fallas más frecuentes del pavimento asfáltico que se encuentran en la Avenida 200 Millas son piel de cocodrilo, huecos y grietas. La identificación de los parámetros de evaluación según la metodología de MERLIN determina la rugosidad del pavimento asfáltico en estado de conservación malo. La gravedad de las fallas afecta negativamente la rugosidad del pavimento asfáltico de la Avenida 200 Millas. Los criterios técnicos para la reparación de fallas, con la finalidad mejorar el estado situacional del pavimento son la reparación por carpeta asfáltica y rehabilitación o reconstrucción parcial. 	<p>1) OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar el estado de rugosidad y la conservación superficial del pavimento asfáltico en la Avenida 200 Millas de la ciudad de Tacna</p> <p>2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar los parámetros de evaluación para determinar el estado superficial de la Avenida 200 Millas según la metodología del PCI. Identificar las fallas más frecuentes del pavimento asfáltico que se encuentran en la Avenida 200 Millas. Identificar los parámetros de evaluación para determinar el estado de rugosidad en la Avenida 200 Millas según el rugosímetro de MERLIN. Determinar las fallas superficiales que afectan la rugosidad del pavimento asfáltico en la avenida 200 millas. Formular los criterios técnicos para la reparación de fallas, con la finalidad mejorar el estado situacional del pavimento 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>X1. Evaluación superficial</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>Y1. Rugosidad del pavimento</p>	<p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> Fallas del pavimento Escala de medición: tipos de falla. Condición del Pavimento Escala de medición: estado de conservación: Excelente, muy bueno, bueno, malo, muy malo, fallado. Índice de Condición del Pavimento (PCI) Escala de medición: Numero adimensional. Rango Escala de medición: (muy malo (0-1), malo (1-2), regular (2-3), bueno (3-4), muy bueno (4-5)) Clase Escala de medición: muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno. Rugosidad del pavimento (IRI). Escala de medición: Numero adimensional. 	<p>Tipo de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicada <p>Nivel de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> Descriptiva, Evaluativa <p>Muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> No probabilística de elección por conveniencia <p>Técnicas de Recolección de Datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Observación In situ Formatos evaluación de campo Reporte del Rugosímetro de Merlín <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Guías de Información y Formatos de Campo Rugosímetro de Merlín Conos de Seguridad Equipos de protección personal (EPP) Cinta métrica 7.5 metros Wincha de 50 metros Tablero de madera regla metálica de 3m

Anexo 2. Curvas de valor deducido ASTM D6433-16

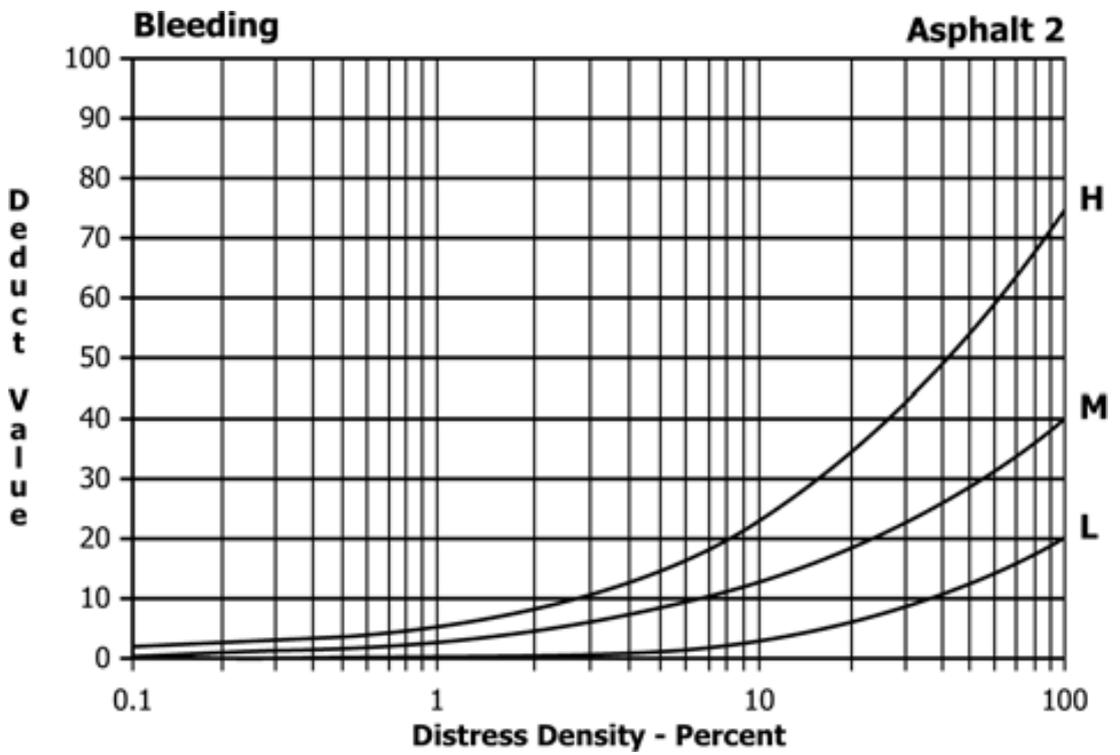
Glosario inglés - español

Tipos de fallas - pavimentos flexibles		
1	Alligator cracking	Piel de cocodrilo
2	Bleeding	Exudación
3	Block cracking	Agrietamiento en bloque
4	Bumps and sags	Abultamientos y hundimientos
5	Corrugation	Corrugación
6	Depression	Depresión
7	Edge cracking	Grieta de borde
8	Joint reflection cracking	Grieta de reflexión de junta
9	Lane / Shoulder drop off	Desnivel carril / berma
10	Longitudinal / transverse cracking	Grietas longitudinales y transversales
11	Patching and utility cut patching	Parcheo y acometidas de servicios
12	Polished aggregate	Pulimiento de agregados
13	Potholes	Huecos o bache
14	Railroad crossing	Cruce de vía férrea
15	Rutting	Ahuellamiento
16	Shoving	Desplazamiento
17	Slippage cracking	Grietas parabólicas o por deslizamiento
18	Swell	Hinchamiento
19	Weathering / Raveling	Desprendimiento de agregados

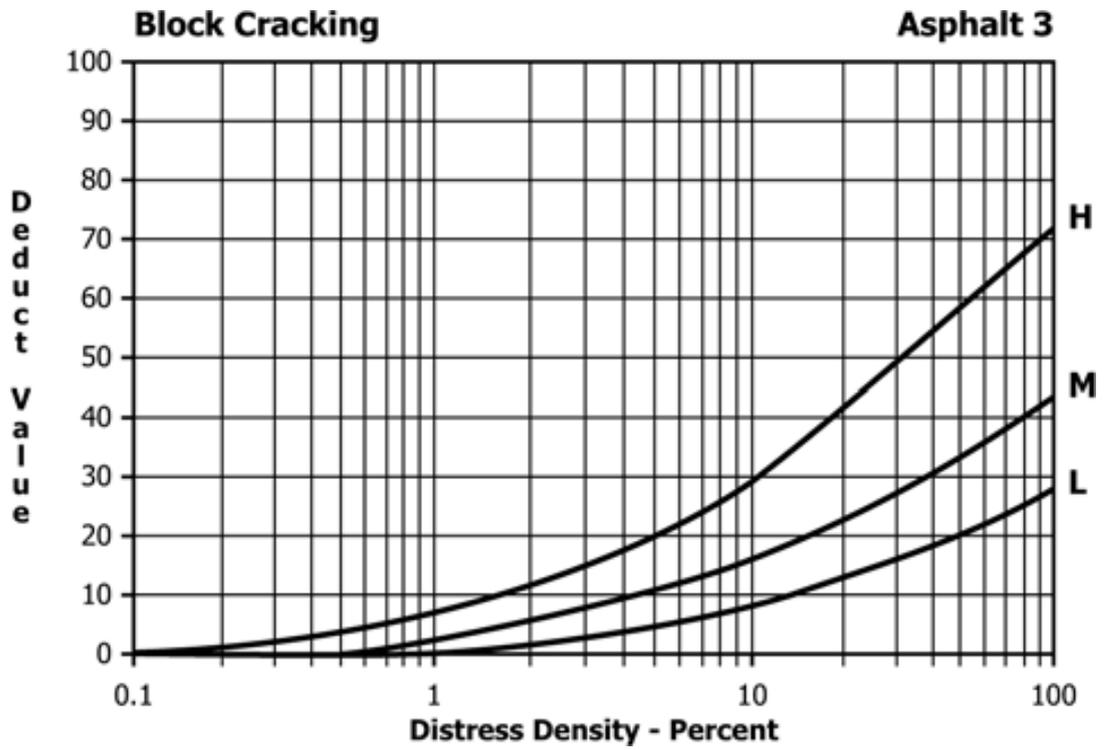
1. Piel de cocodrilo



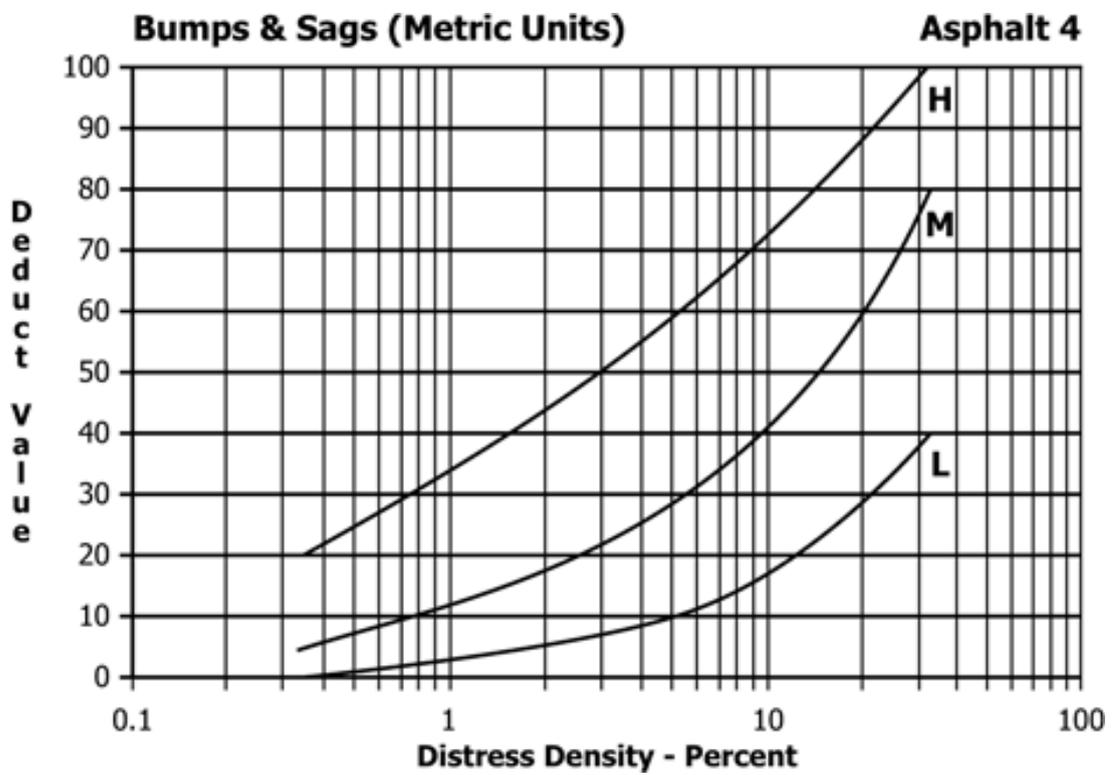
2. Exudación



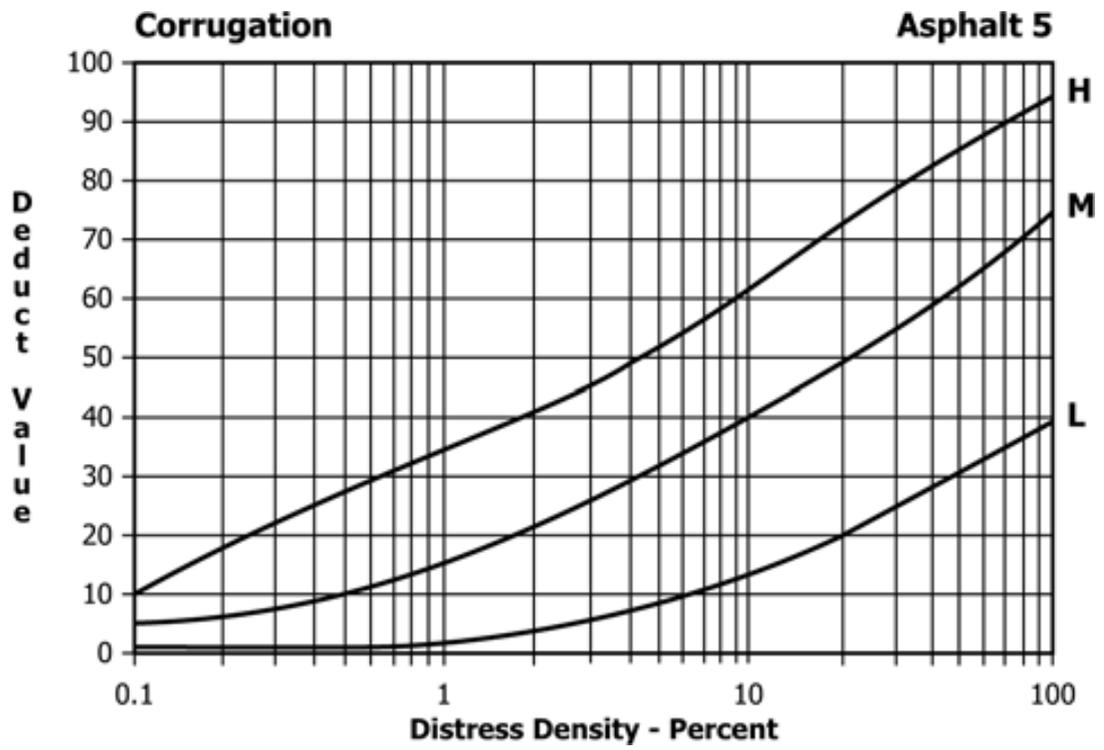
3. Agrietamiento en bloque



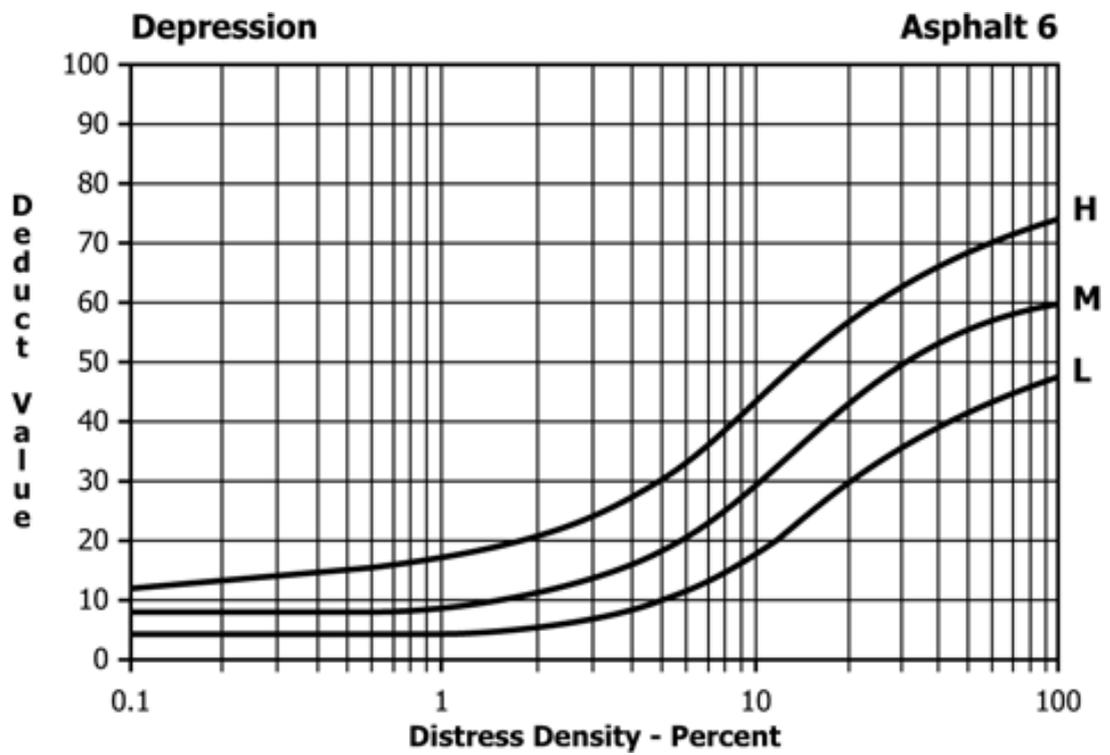
4. Abultamientos y hundimientos



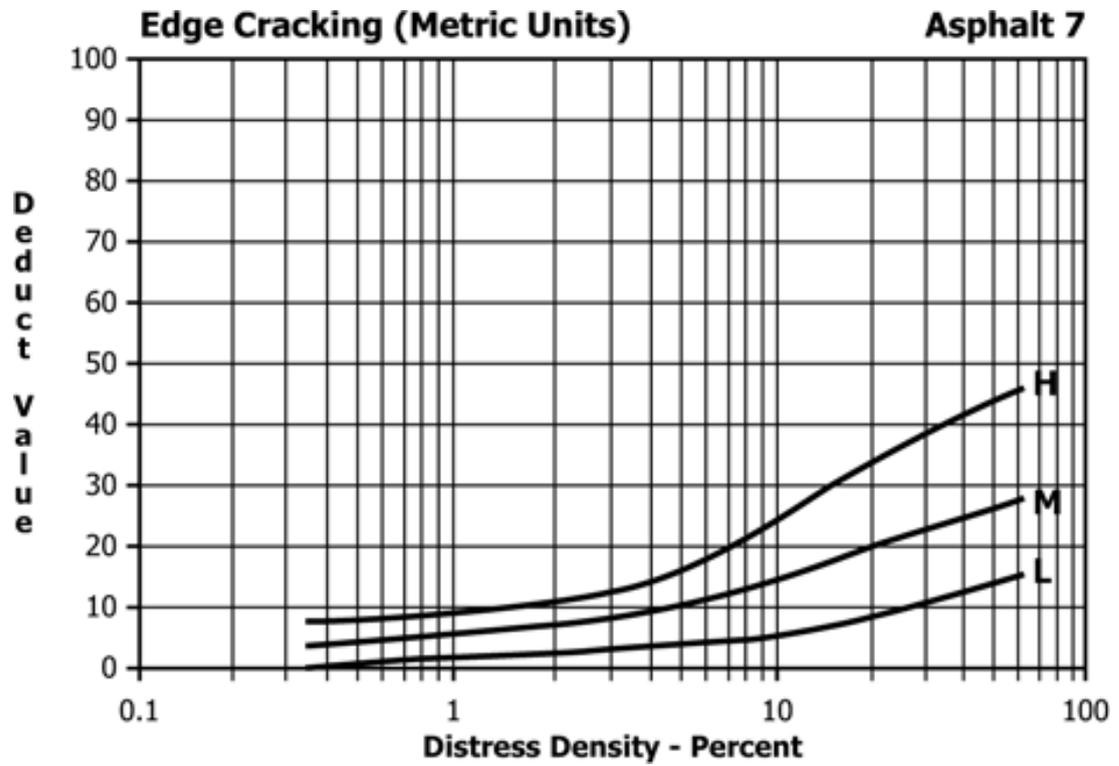
5. Corrugación



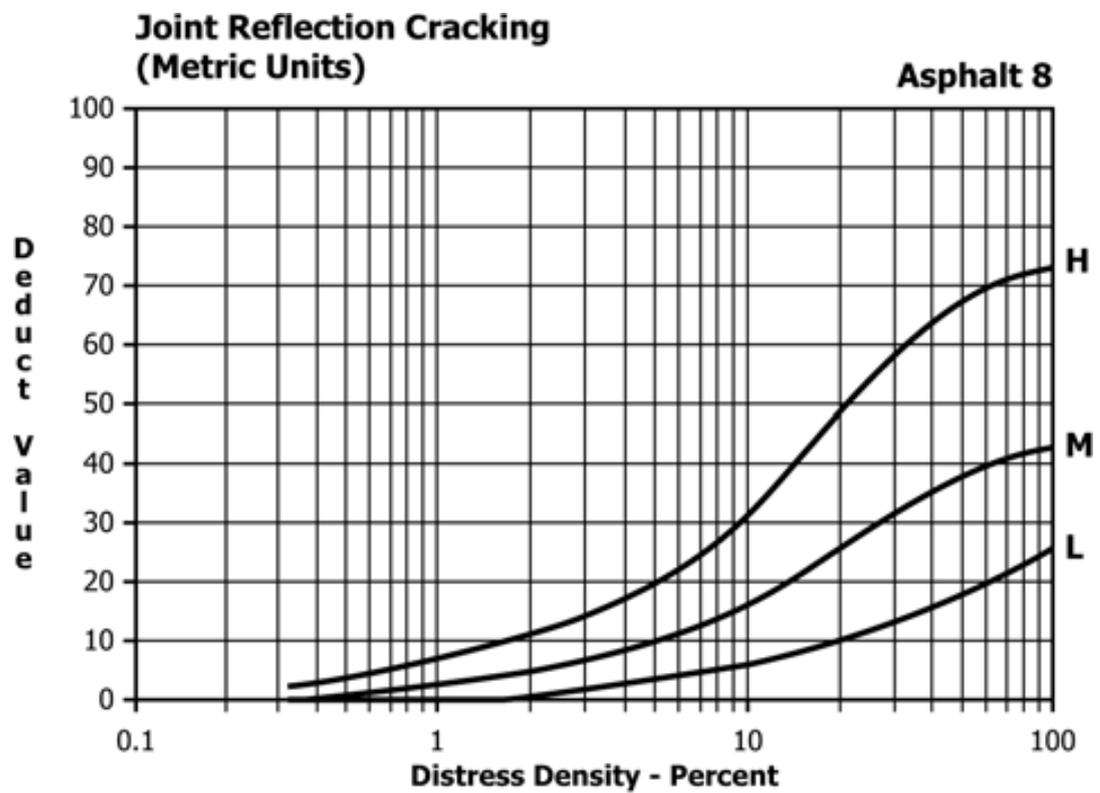
6. Depresión



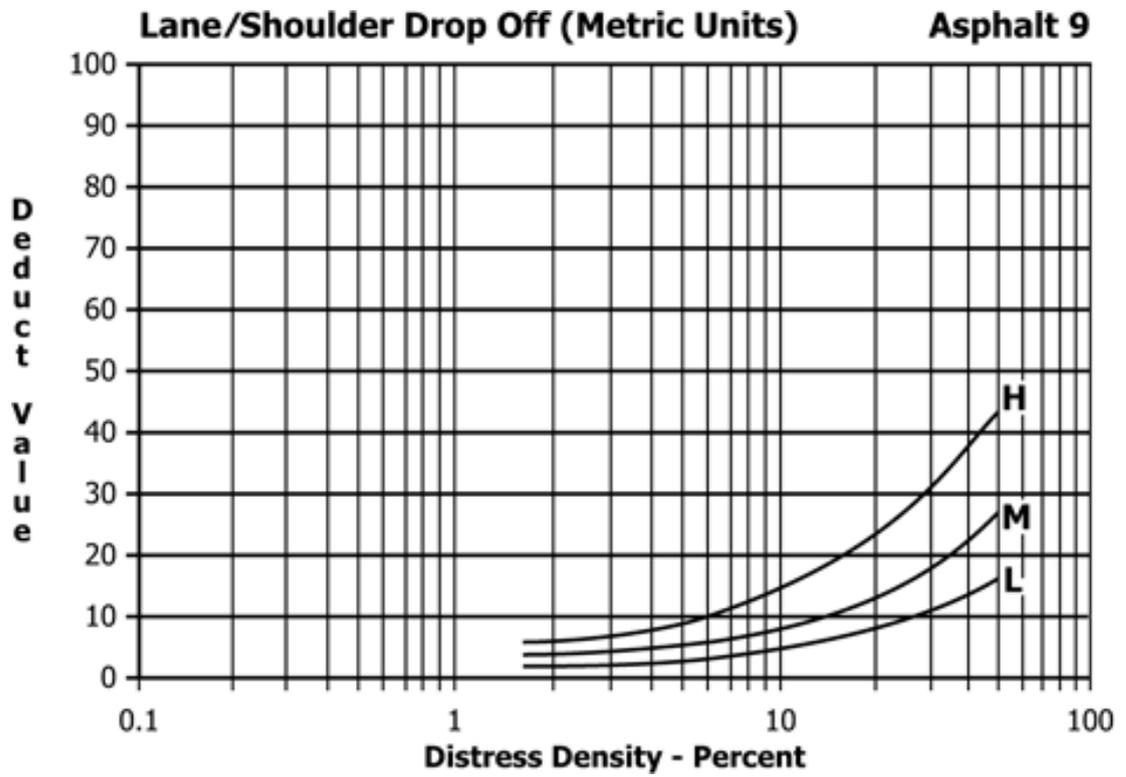
7. Grieta de borde



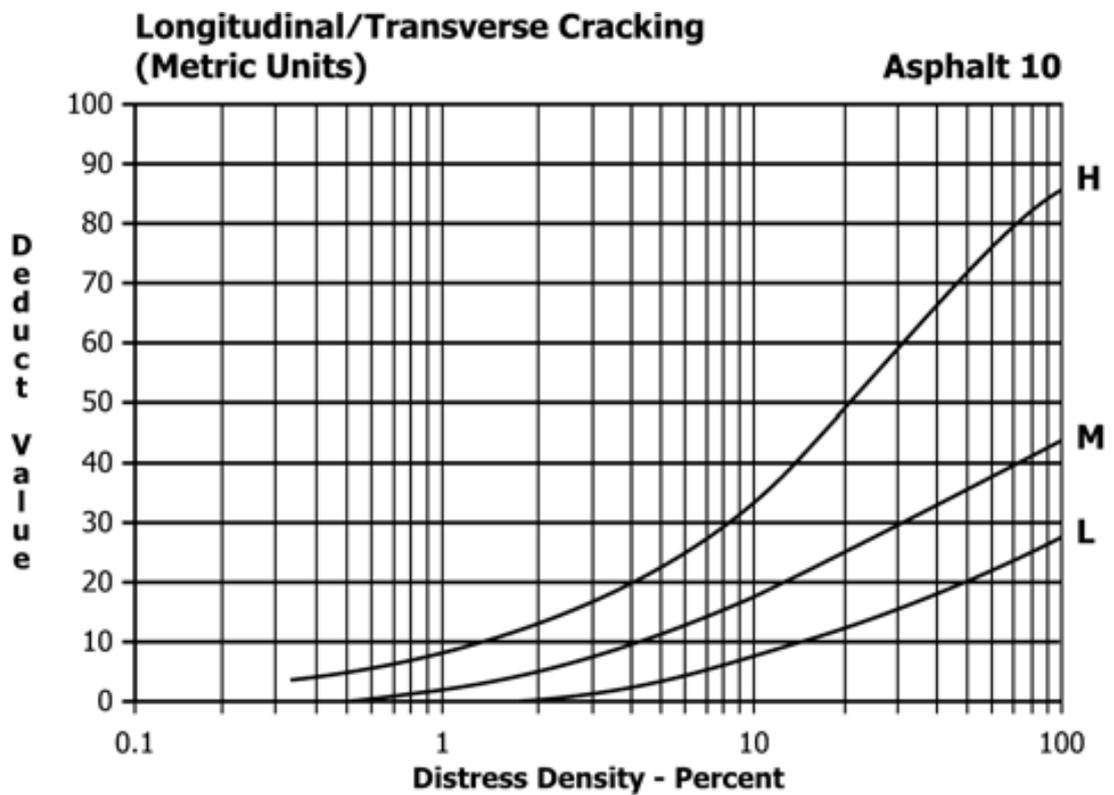
8. Grieta de reflexión de junta



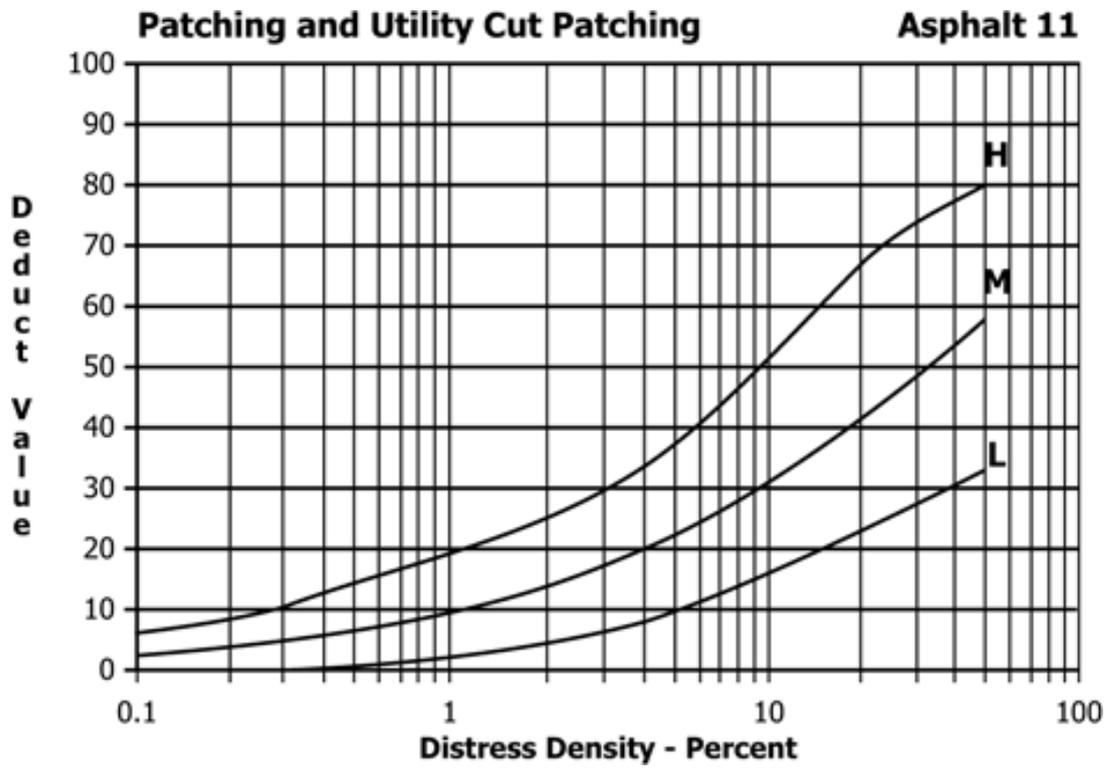
9. Desnivel carril / berma



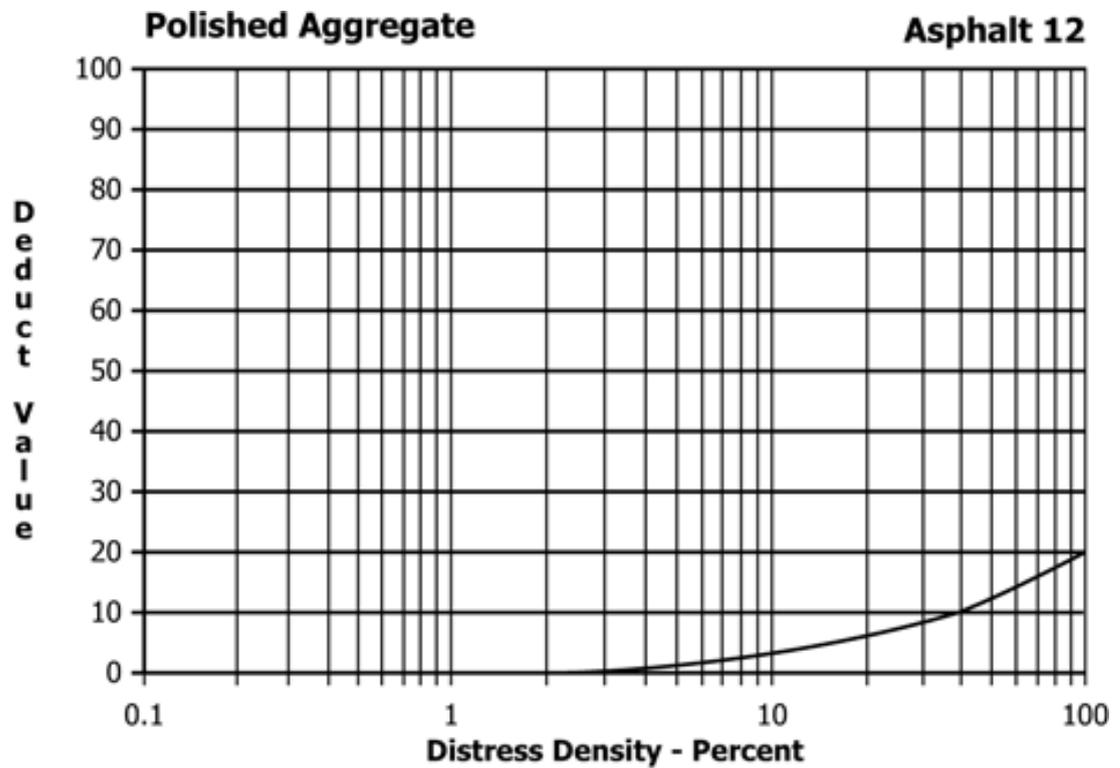
10. Grietas longitudinales y transversales



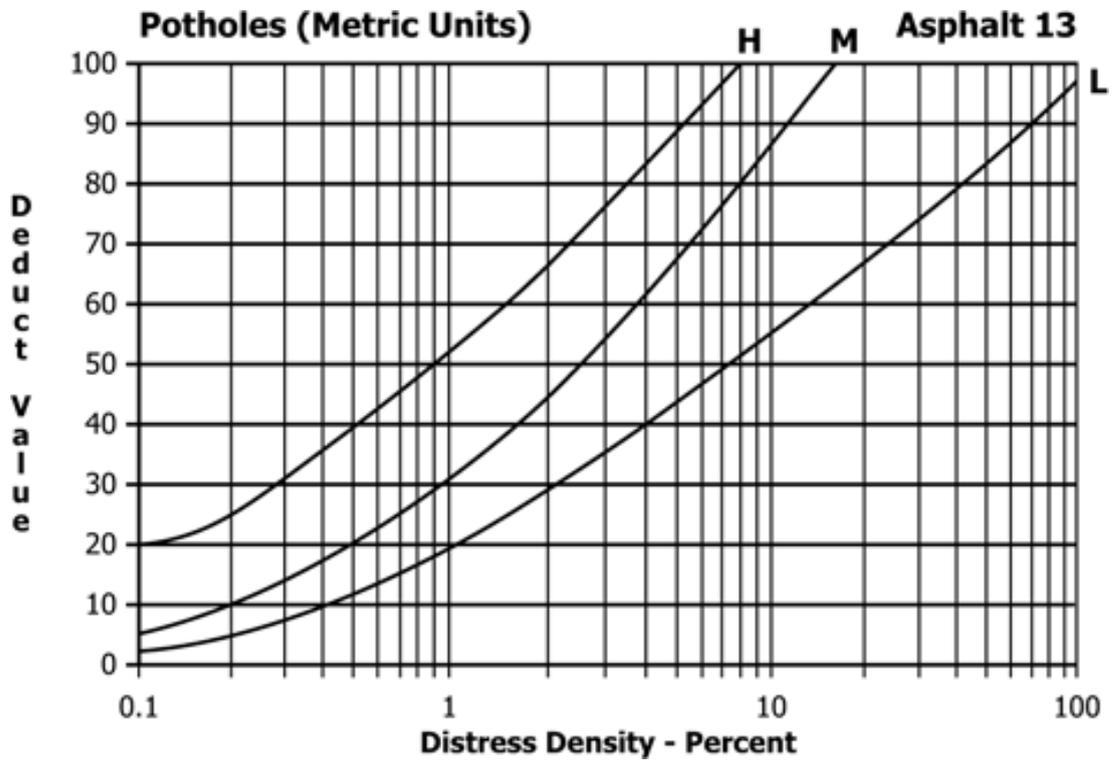
11. Parqueo y acometidas de servicios



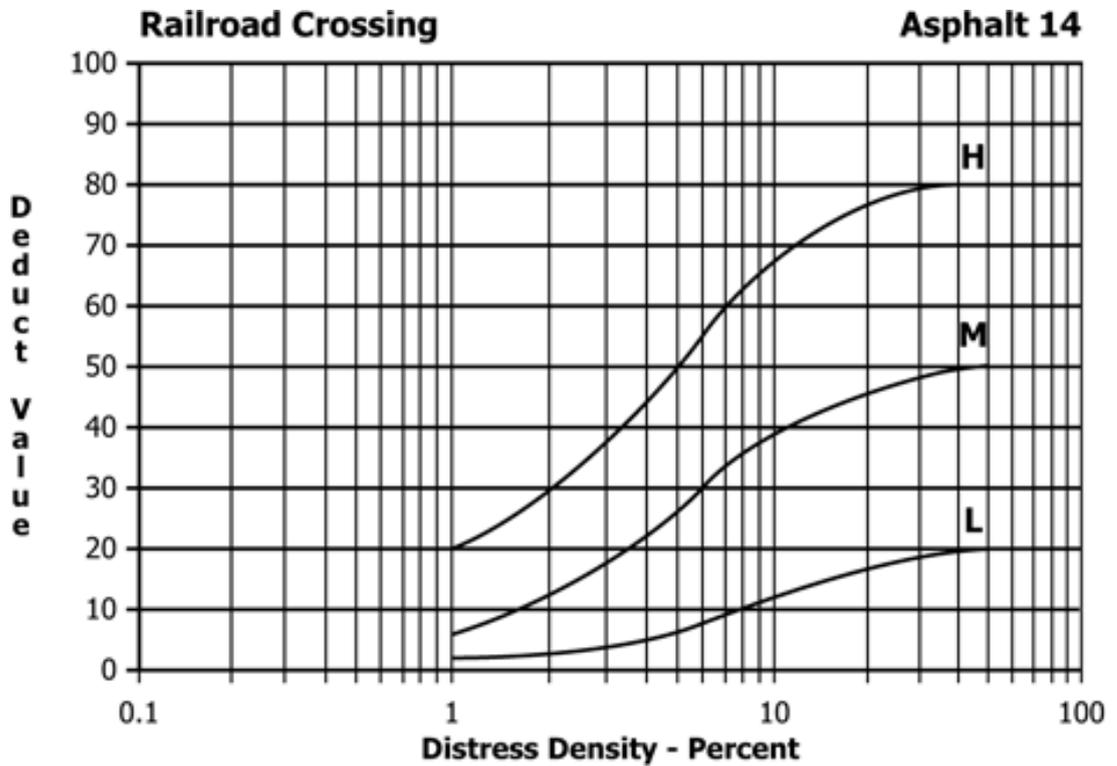
12. Pulimiento de agregados



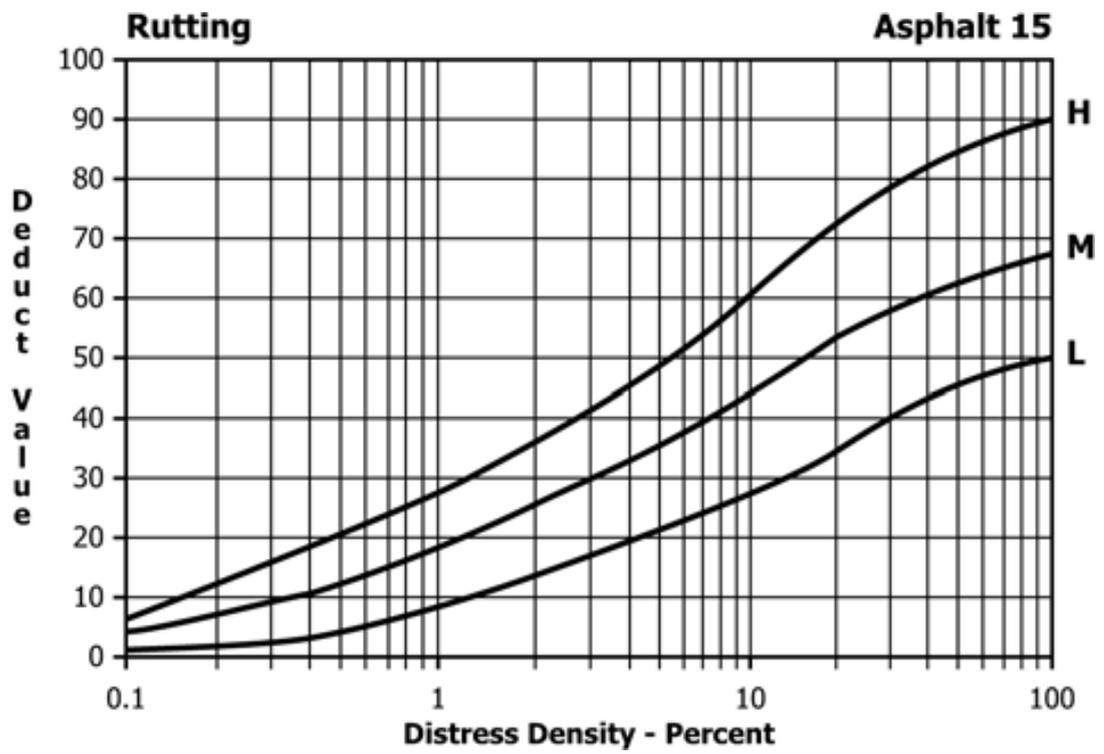
13. Huecos o bache



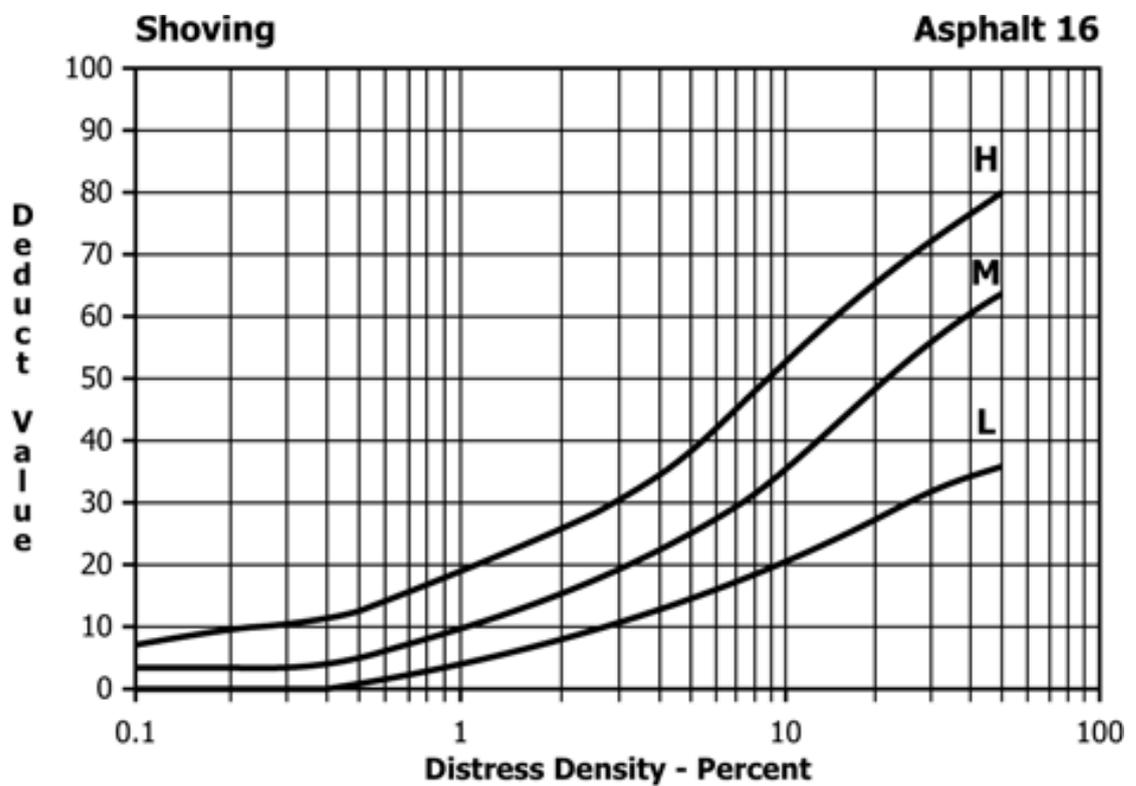
14. Cruce de vía férrea



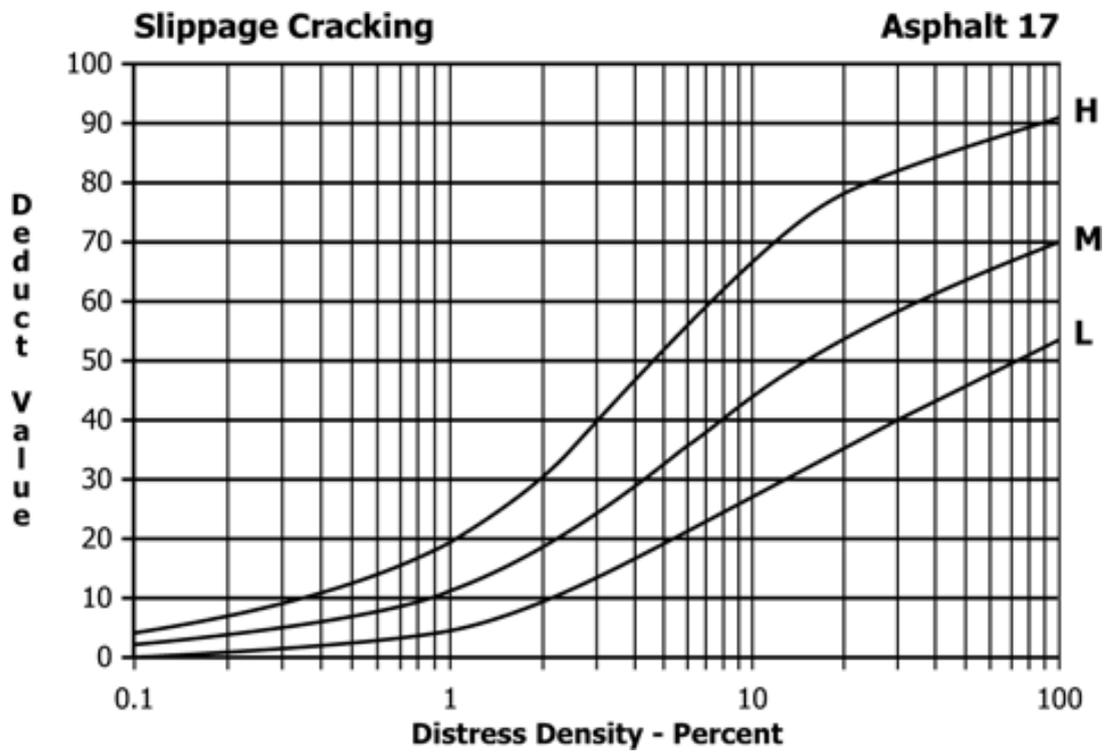
15. Ahuellamiento



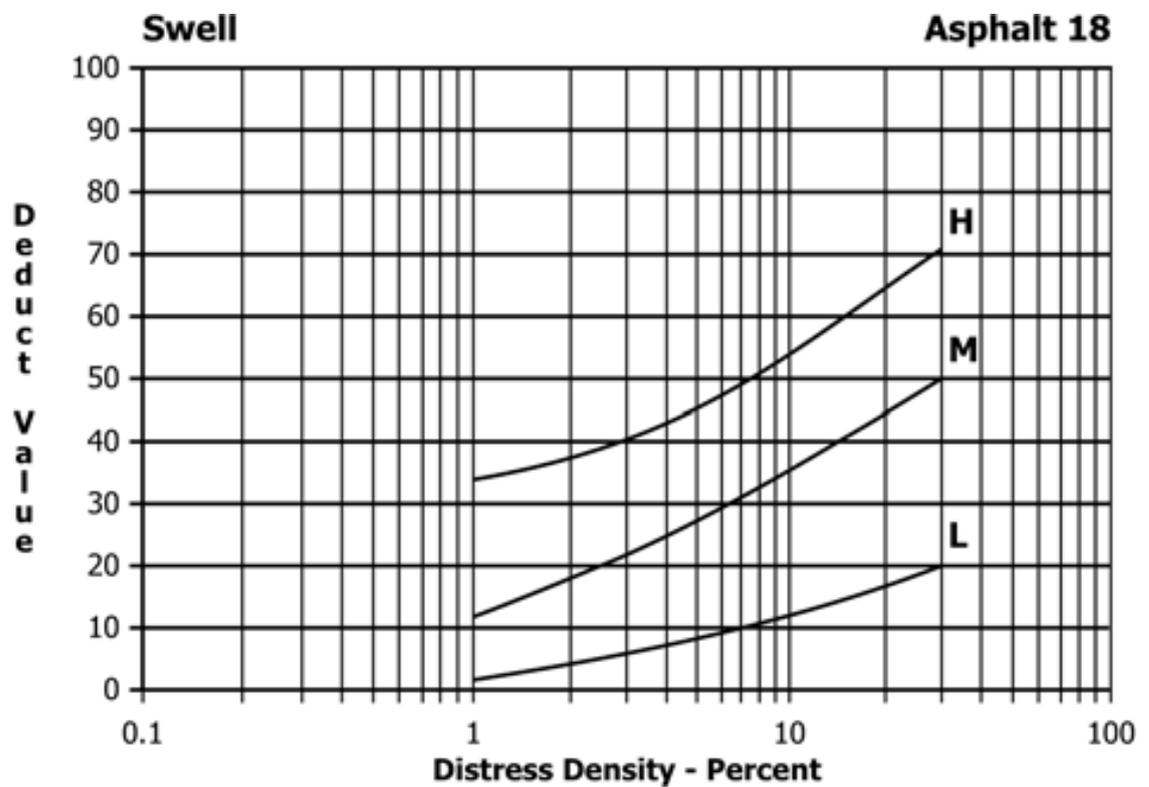
16. Desplazamiento



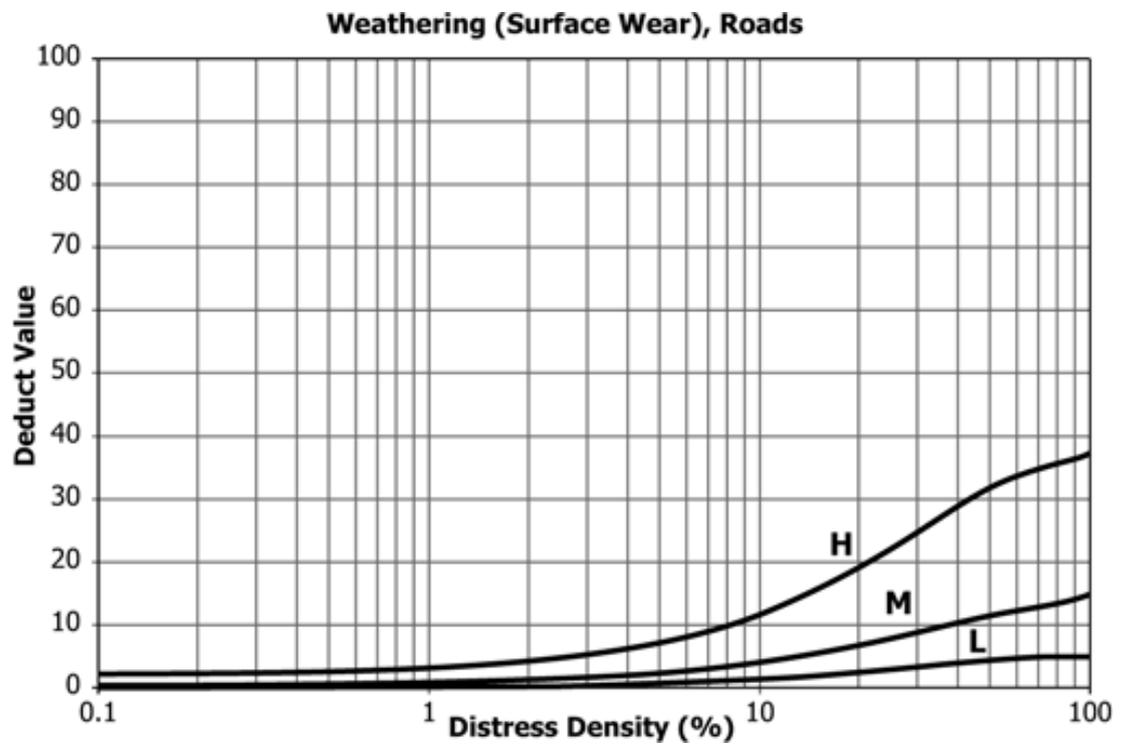
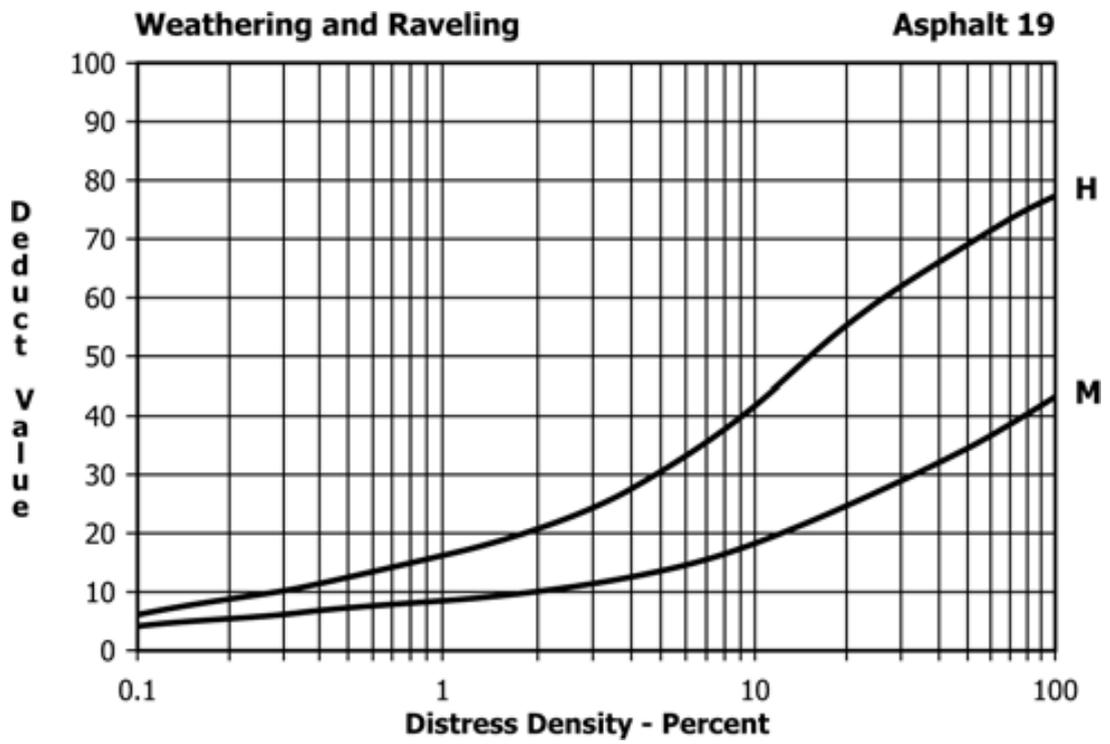
17. Grietas parabólicas o por deslizamiento



18. Hinchamiento



19. Desprendimiento de agregados



Curvas para hallar el valor deducido corregido

