UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA LA SERVICIABILIDAD EN LA AV. MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUZCO – AV. BOHEMIA TACNEÑA – TACNA, 2020"

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. ROXANA BEATRIZ HUANCA GOMEZ

TACNA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA LA SERVICIABILIDAD EN LA AV. MUNICIPAL, TRAMO OVALO CUZCO – AV. BOHEMIA TACNEÑA – TACNA, 2020"

Tesis sustentada y aprobada el 04 de Octubre del 2021, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: **Mtro. SANTOS TITO GÓMEZ CHOQUEJAHUA**

SECRETARIO: **Mtro. ULIANOV FARFAN KEHUARUCHO**

VOCAL: **Mg. MARTÍN PAUCARA ROJAS**

ASESOR: **Mtro. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Roxana Beatriz Huanca Gómez, 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 N°00514627.

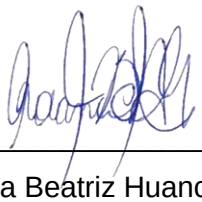
Declaro bajo juramento que:

Soy autor de la tesis titulada: "*Determinación de la Rugosidad y el Índice de Condición del Pavimento para la Serviciabilidad en la av. Municipal, Tramo Óvalo Cuzco – av. Bohemia Tacneña - Tacna, 2020*" la misma que presento para optar: Título Profesional de Ingeniero Civil.

1. 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.
2. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo 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, me hago 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.
De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 04 de Diciembre del 2021



Bach. Roxana Beatriz Huanca Gómez

DNI.00514627

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios, por mantener mi FE en los momentos dificiles, tu eres mi fortaleza, mi guia.

A mi amado hijo, Thiago Agustín, mi inspiración y motivo para seguir superandome cada día.

A mis adorados padres, Amelia y Gregorio, gracias por su inmenso amor y oraciones en los momentos dificiles, a mis hermanos Freddy, María, Sandra, por todo su cariño.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por cuidarme y mantener mi fe.

Agradezco al Mag. Pedro Maquera, mi asesor por todo su apoyo en la culminación de la tesis.

Gracias a mis amigos por todo su apoyo y motivación Adriano, Victor, Isabel, por ser participes de una meta mas en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD iii
DEDICATORIA v
AGRADECIMIENTO vi
RESUMEN xiv
ABSTRACT xv
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
1.1. Descripción del problema 2
1.2. Formulación del problema 6
1.2.1. Problema general 6
1.2.2. Problemas específicos 6
1.3. Justificación de la investigación 7
1.4. Objetivos de la investigación 7
1.4.1. Objetivo general 7
1.4.2. Objetivos específicos 7
1.5. Hipótesis 8
1.5.1. Hipótesis general 8
1.5.2. Hipótesis específicos 8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 9
2.1. Antecedentes de la investigación 9
2.2. Bases teóricas 11
2.2.1. Serviciabilidad 11
2.2.2. Cálculo de la serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI 12
2.2.3. Rugosidad 13
2.2.4. Causas posibles de la rugosidad 13
2.2.5. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos 13
2.2.6. Importancia de la rugosidad en la superficie de rodadura en pavimentos para la circulación de vehículos 13
2.2.7. Índice de rugosidad internacional (IRI) 14
2.2.8. Cálculo de la rugosidad (IRI) 15
2.2.9. Rugosímetro MERLIN 15
2.2.10. Ventajas del rugosímetro de MERLIN 16
2.2.11. Modo de uso 18
2.2.12. Cálculo de la rugosidad 19

2.2.13. Método PCI 20
2.2.14. Severidad 21
2.2.15. Extensión 21
2.2.17. Determinación de unidades de muestreo para evaluación 22
2.2.18. Selección de unidades de muestreo para inspección 23
2.2.19. Cálculo de los valores deducidos (VD) 23
2.2.20. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m) 24
2.2.21. Cálculo del máximo valor deducido corregido (VDC) 24
2.2.22. Determinación PCI de unidades de muestreo 25
2.2.23. Clasificación del pavimento según el PCI 25
2.3. Definición de términos 26
2.3.1. Serviciabilidad 26
2.3.2. Índice de serviciabilidad 26
2.3.3. IRI 26
2.3.4. Rugosímetro de MERLIN 26
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 27
3.1. Tipo y nivel de la investigación 27
3.1.1. Tipo de investigación 27
3.1.2. Nivel de investigación 27
3.2. Población y muestra de estudio 27
3.2.1. Población 27
3.2.2. Muestra 27
3.3. Operacionalización de variables 27
3.3.1. Variables y definición operacional 27
3.4. Técnicas de recolección de datos 29
3.4.1. Técnicas 29
3.4.2. Instrumentos 30
3.5. Procesamiento y análisis de datos 31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS 32
4.1. Cálculo de los valores PCI 32
4.1.1. Determinación de la longitud de la unidad de muestreo 32
4.1.2. Determinamos la unidad de muestreo 32
4.1.3. Determinamos el intervalo de las unidades de muestreo 33
4.1.4. Resultados del método PCI - Av. Municipal 33
4.1.5. Resultados PCI - tramo 1 37
4.1.6. Resultados del PCI - tramo 2 42
4.2. Cálculo de la rugosidad utilizando MERLIN 44

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN 48
5.1. Discusión de los resultados PCI 48
5.2. Discusión de los resultados de la rugosidad obtenidos con el MERLIN 51
CONCLUSIONES 55
RECOMENDACIONES 56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de índice de serviciabilidad....12
Tabla 2. Transitabilidad mediante el IRI....12
Tabla 3. Rangos de calificación del PCI....21
Tabla 4. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas....22
Tabla 5. Intervención de acuerdo al PCI....26
Tabla 6. Resultado. Unidad de muestreo 3 del tramo 1....34
Tabla 7. Resultado. Unidad de muestreo 8 del tramo 1....34
Tabla 8. Resultado. Unidad de muestreo 13 del tramo 1....34
Tabla 9. Resultado. Unidad de muestreo 18 del tramo 1....34
Tabla 10. Resultado. Unidad de muestreo 23 del tramo 1....35
Tabla 11. Resultado. Unidad de muestreo 28 del tramo 1....35
Tabla 12. Resultado. Unidad de muestreo 33 del tramo 1....35
Tabla 13. Resultado. Unidad de muestreo 38 del tramo 1....35
Tabla 14. Resultado. Unidad de muestreo 43 del tramo 1....35
Tabla 15. Resultado. Unidad de muestreo 48 del tramo 1....36
Tabla 16. Resultado. Unidad de muestreo 53 del tramo 1....36
Tabla 17. Resultado. Unidad de muestreo 58 del tramo 1....36
Tabla 18. Resultado. Unidad de muestreo 63 del tramo 1....36
Tabla 19. Resultado. Unidad de muestreo 68 del tramo 1....37
Tabla 20. Resultado. Unidad de muestreo 73 del tramo 1....37
Tabla 21. Resultado. Unidad de muestreo 78 del tramo 1....37
Tabla 22. Resultado. Unidad de muestreo 83 del tramo 1....37
Tabla 23. Resultados del PCI en el tramo 1, avenida Municipal....38
Tabla 24. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 3 del tramo 2....39
Tabla 25. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 8 del tramo 2....39
Tabla 26. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 13 del tramo 2....39
Tabla 27. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 18 del tramo 2....39
Tabla 28. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 23 del tramo 2....39
Tabla 29. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 28 del tramo 2....40
Tabla 30. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 33 del tramo 2....40
Tabla 31. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 38 del tramo 2....40
Tabla 32. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 43 del tramo 2....40
Tabla 33. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 48 del tramo 2....41
Tabla 34. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 53 del tramo 2....41
Tabla 35. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 58 del tramo 2....41

Tabla 36. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 63 del tramo 2 41
Tabla 37. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 68 del tramo 2 41
Tabla 38. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 73 del tramo 2 42
Tabla 39. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 78 del tramo 2 42
Tabla 40. Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 83 del tramo 2 42
Tabla 41. Resultados del PCI en el tramo 2, avenida Municipal.....44
Tabla 42. Resultados de la rugosidad obtenida con el MERLIN, avenida Municipal, calzada derecha e izquierda. 47
Tabla 43. Resultados del PCI en el tramo 1, avenida Municipal.....48
Tabla 44. Resultados del PCI en el tramo 2, avenida Municipal.....50
Tabla 45. Resultados de la rugosidad obtenida con el MERLIN, avenida Municipal 52
Tabla 46. Calificación del estado del pavimento, en función del IRI 52
Tabla 47. Resultados de la serviciabilidad calculada en función del IRI por tramo.53
Tabla 48. Calculo de la calificación de la serviciabilidad en función del IRI ponderado 53
Tabla 49. Calificación de la serviciabilidad.....53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de investigación, Av. Municipal L=2,66 Km 3
Figura 2. Zona de investigación Patologias..... 3
Figura 3. Zona de investigación, Huecos 4
Figura 4. Zona de investigación, presencia de Fisuras en el Pavimento 4
Figura 5. Patologías en zona de estudio 5
Figura 6. Patologías diversas en zona de estudio 5
Figura 7. Zona de investigación patologías diversas..... 6
Figura 10. Partes principales del instrumento MERLIN 15
Figura 11. Detalles del instrumento MERLIN 16
Figura 12. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio AB. 17
Figura 13. Formato de campo para medir el IRI.....18
Figura 14. Formato para recolección de datos de campo 19
Figura 15. Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva. 20
Figura 16. Hoja de registro de campo 23
Figura 17. Formato para la obtención del Máximo Valor Deducido Corregido.....24
Figura 18. Curvas de corrección del Valor Deducido para pavimento flexible. 25
Figura 19. Medición fallas en carril de subida 29
Figura 20. Muestreo en campo Av. Municipal: Unidad de muestreo 3, 8 y 13, Tramo 1 30
Figura 21. Muestreo en campo Av. Municipal: Unidad 3 y Unidad 8, Tramo 2 31
Figura 22. Resultados del PCI – Unidad de muestreo 3, tramo 2.....43
Figura 23. Datos de campo, calzada derecho-tramo 1.....45
Figura 24. Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada derecho - Tramo 1..46
Figura 25. Resultados de la rugosidad con MERLIN, carril izquierdo - Tramo 2 46
Figura 26. Comportamiento de los valores del PCI por progresivas en el tramo 1 .49
Figura 27. Comportamiento de los valores del PCI por progresivas en el tramo 2 .51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. PCI, U-8 -Tramo 1 60
Anexo 2. PCI, U-18 -Tramo 1.....61
Anexo 3. PCI, U-68 -Tramo 2.....62
Anexo 4. PCI, U-88 -Tramo 2.....63
Anexo 5. Cálculo de IRI Calzada Derecha, Progresiva Km 0+400,00 al km, 0+800,00-Tramo 1 64
Anexo 6. Cálculo de IRI Calzada Derecha, Progresiva Km 1+200,00 al km, 1+600,00-Tramo 1 64
Anexo 7. Cálculo de IRI Calzada Izquierda, Progresiva Km 1+600,00 al km, 2+000,00-Tramo 02 65
Anexo 8. Cálculo de IRI Calzada Izquierda, Progresiva Km 2+000,00 al km, 2+400,00-Tramo 2 65
Anexo 9. Matriz de Consistencia.....66

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se determina la rugosidad y la condición del pavimento para mejorar la serviciabilidad, en una longitud horizontal de 2,66 km. y ancho de calzada de 7,20 m., utilizando metodologías tradicionales de gran efectividad el Rugosímetro de MERLIN y la metodología PCI. El objetivo de la investigación es determinar la rugosidad y el índice de condición del pavimento para la servicabilidad en la avenida Municipal, tramo: Óvalo Cuzco – Avenida Bohemia Tacneña, distrito Gregorio Albarracin Lanchipa, utilizando la metodologia del rugosimetro de MERLIN y la metodologia del PCI para el análisis de la rugosidad internacional y el índice de condición del pavimento flexible. La investigación es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, porque busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas, con el único objetivo de ampliar el conocimiento mediante la evaluación de la rugosidad y el índice de condición de la carpeta asfáltica, considerando un diseño descriptivo-exploratorio, determinandose resultados del IRI igual a 4,414 m/km calificando al pavimento como *regular*. Por otro lado se obtuvo un PCI ponderado en todo el tramo de la avenida Municipal igual a 13,04%, con una calificación de índice de condición del pavimento *muy malo*. Se concluyó con la determinación de la serviciabilidad presente en base a los resultados del IRI en la avenida Municipal, obteniendo la calificación de la serviciabilidad igual a 2,240 de PSI que significa de *regular* a *malo*.

Palabras Claves: Transitabilidad, Índice de serviciabilidad, IRI, Rugosímetro de MERLIN.

ABSTRACT

In this research work, the roughness and condition of the pavement are determined to improve serviceability, in a horizontal length of 2,66 km. and road width of 7,20 m., using highly effective traditional methodologies, the MERLIN Roughometer and the PCI methodology.The objective of the research is to determine the roughness and the condition index of the flexible pavement to improve the serviceability in the Municipal avenue, section: Óvalo Cuzco - Avenida Bohemia Tacneña, Gregorio Albarracin Lanchipa district, using the MERLIN roughness methodology and the methodology of the PCI for the analysis of the international roughness and the index of condition of the flexible pavement. The research is Applied with a quantitative approach, because it seeks the generation of knowledge with direct application to problems, with the sole objective of expanding knowledge by evaluating the roughness and the condition index of the asphalt layer, considering a design descriptive-exploratory, determining IRI results equal to 4,414 m / km qualifying the pavement as *regular*. On the other hand, a weighted PCI was obtained in the entire stretch of Municipal Avenue equal to 13,04%, with a *very bad* pavement condition index rating. It was concluded with the determination of the present serviceability based on the results of the IRI in the Municipal avenue, obtaining the qualification of the serviceability equal to 2,240 PSI, which means from *regular* to *bad*.

Key Words: Walkability, Serviceability Index, IRI, MERLIN Roughness Meter.

INTRODUCCIÓN

La importancia de conocer la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible que ayuda a determinar la serviciabilidad vehícular y peatonal, cuyos resultados obtenidos con la metodología del rugosímetro de MERLIN y la metodología del PCI, ayuda a proponer el tipo de intervención que se debe programar ya sea una rehabilitación o una reconstrucción de la vía investigada, para brindar a los usuarios seguridad y confort. La determinación de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para mejorar la serviciabilidad en la avenida Municipal, tramo: Óvalo Cuzco – avenida Bohemia, toma mucha importancia porque la avenida Municipal viene a ser el ingreso principal al distrito Gregorio Albarracín Lanchipa y sirve de conectividad con la ciudad de Tacna, tiene una longitud aproximada de 2,66 km y una de calzada de 7,20 m.

Mediante la determinación de la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible, utilizando la metodología del rugosímetro de MERLIN y la metodología del PCI, identificando el IRI y PCI, cuyos resultados nos ayudan a definir la condición y el tipo de intervención necesaria. Conociendo la calificación del pavimento flexible de las fallas presentes y la rugosidad internacional ayudan a proponer alternativas de solución para mejorar la serviciabilidad en la avendida Municipal.

La tesis está estructurado en 5 capítulos, en el primer capítulo desarrollamos el planteamiento y la formulación del problema, objetivo general y específicos, de la misma forma la hipótesis general y específicos; en el segundo capítulo, presentamos el desarrollo del marco teórico, identificando los antecedentes relacionados a la investigación, la base teórica de las variables y la definición de términos; en el tercer capítulo, se desarrolla la metodología, es decir el tipo y nivel de investigación, población y muestra de la investigación; en el cuarto capítulo, desarrollamos los cálculos y resultados, finalmente en el capítulo quinto se desarrolla la discusión considerando los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La Av. Municipal es una de las vías de mayor transito vehícular en el distrito de Gregorio Albarracín, entonces las vías son utilizadas por el transporte urbano de pasajeros, transporte partícular, transporte de carga, por lo que las vías van presentando fallas en la capa de rodadura, si la vía de la investigación no es tratado con algún tipo de mantenimiento, las fallas presentes en el pavimento pueden alcanzar niveles altos de deterioro. Lo que en un eventual mantenimiento o rehabilitación de la vía investigada puede elevar los costos de mantenimiento.

A simple vista podemos apreciar que la vía en mención presenta daños y fallas en el pavimento los que aumentan el riesgo de generar algun accidente debido a que no se tiene conocimiento del estado real de dicha vía.

Las irregularidades superficiales en la capa de rodadura de un pavimento genera en los vehículos en movimiento, incomodidad, inseguridad causando estrés en el conductor.

El método mas utilizado actualmente para medir la regularidad del perfil longitudinal de una vía es el índice de rugosidad (internacional IRI International Roughness Index).

Es necesario generar programas de infraestructura vial con buen diseño de la estructura del pavimento y un correcto proceso constructivo utilizando metodologías modernas que prolongue su vida útil del pavimento, reduciendo los mantenimientos periódicos, tan solo se realice los mantenimientos rutinarios.

En la actualidad el transporte urbano utiliza la avenida Municipal en toda su extensión ingreso y salida, por lo que existen presencia de daños y fallas, si continúa así como están las fallas, el deterioro del pavimento puede alcanzar niveles altos que luego necesite una reconstrucción, la Av. Municipal no es ajena a lo indicado dentro de la evaluación preliminar de la capa superficial del pavimento asfáltico, donde se puede notar la presencia de las diversas patologías existentes para ser evaluados por la metodología del PCI y el cálculo de la rugosidad utilizando MERLIN.

Basado en la evaluación de pavimento flexible, se realiza la investigación sobre el método Pavement Condition Index para su aplicación mediante cálculo de las condiciones en la vía de investigación, el cual está basado en la evaluación visual por tramos de muestreo en la vía de la Av. Municipal, considerando una longitud de 2,66 Km.

Visualmente se detecta la existencia de fallas en algunos tramos de la avenida Municipal, donde será necesario evaluar el índice de condición, para el resultado utilizaremos el método Pavement Condition Index. También utilizaremos una metodología tradicional, el rugosímetro de MERLIN que nos ayudará a determinar el valor de la rugosidad en la Av. Municipal, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, desarrollados en una longitud de 2,66 Km como se muestra en la Figura 1 y en la Figura 2 , cuyos resultados son confiables en el cálculo del IRI para determinar la serviciabilidad.

Figura 1

Zona de investigación, Av. Municipal L=2,66 Km

Nota. Ubicación del tamo de estudio de la avenida Municipal distritoo G. Albarracín. Tomado de Google Earth (2021).

Figura 2

Zona de investigación Patologías

A lo largo de la via se presentan distintos tipos de fallas como lo son los huecos tal como se ve en la Figura 3 , así como las fisuras que se pueden apreciar en la Figura 4.

Figura 3

Zona de investigación Huecos

Figura 4

Zona de investigación, presencia de Fisuras en el Pavimento

De igual forma se presentan otro tipo de fallas o patologías las cuales se pueden apreciar en la Figura 5 , Figura 6 y Figura 7, donde se denota el desgaste de las vías por el tránsito continuo.

Figura 5

Patologías en zona de estudio

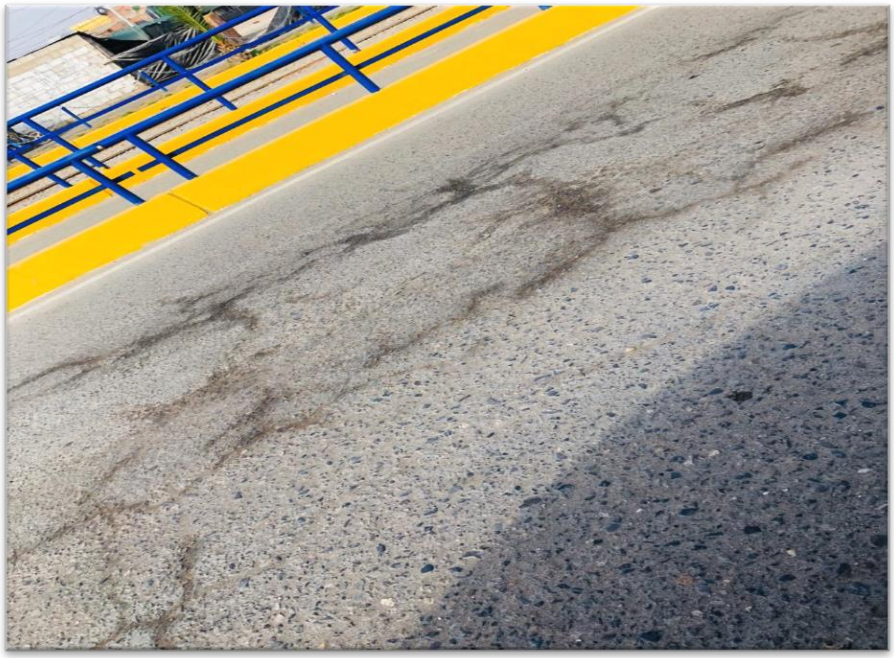


Figura 6

Patologías diversas en zona de estudio

Figura 7

Zona de investigación patologías diversas

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo varia la rugosidad y el índice de condición del pavimento para la serviciabilidad óptima en la Av. Municipal, tramo óvalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña – Tacna, 2020?.

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál será el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Municipal Tramo Ovalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa?.

b) ¿Cuál será el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Municipal Tramo Ovalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa?.

1.3. Justificación de la investigación

La evaluación y análisis para conocer el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), usando el Rugosímetro de MERLIN, y usando la metodología PCI que nos ayuda a evaluar todas las patologías del pavimento flexible para conocer su índice de condición, considerando que en el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa todas las vías asfaltadas presentan fallas, lo que provoca incomodidad y el tiempo largos de transporte, sino se interviene estas vías asfaltadas incrementará los costos de operación y mantenimiento. La Av. Municipal presenta diversas patologías en la carpeta asfáltica, por lo que amerita realizar una evaluación de la condición y la rugosidad en un tramo de 2,66 km. Para finalmente indicar que tipo de tratamiento necesita la carpeta asfáltica para mejorar la serviciabilidad.

Conocer el valor de la rugosidad, es de suma importancia porque ayuda a determinar el tipo de intervención posible a planificar, ya sea un mantenimiento rutinario, periódico, rehabilitación o reconstrucción, entonces se hace interesante la utilización del Rugosímetro de MERLIN, que calcula la rugosidad por ser un instrumento versátil y económico.

Existen equipos muy sofisticados en el mercado, en la determinación de la rugosidad de una calle, avenida o carretera, sus resultados son óptimos pero un costo elevado por lo que se hace necesario utilizar instrumentos versátiles de bajo costo, se recomienda la utilización del Rugosimetro de MERLIN y la utilización de la metodología Pavement Condition Index (PCI).

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la rugosidad y el índice de condición del pavimento flexible para la serviciabilidad óptima en la Av. Municipal, tramo: Ovalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña - Tacna, 2020

1.4.2. Objetivos específicos

a) Determinar el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Municipal Tramo Ovalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

b) Determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Municipal Tramo Ovalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Es posible determinar la rugosidad y el índice de condición del pavimento para la serviciabilidad óptima en la Av. Municipal, tramo Óvalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña – Tacna, 2020.

1.5.2. Hipótesis específicos

a) Se puede determinar el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av. Municipal Tramo Ovalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

b) Es posible determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av. Municipal Tramo Ovalo Cuzco – Av. Bohemia Tacneña, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La tesis “Pavement performance measures using Android based Smartphone application”, desarrollado por Mohammed Junaid Uddin en el año 2015, sostiene que medir la rugosidad del pavimento en la ciudad de Hyderabad, una ciudad de la India, utilizando la tecnología del teléfono inteligente basado en un Android, se determinó la rugosidad como un indicador para calificar la condición del pavimento, para evaluar pavimentos nuevos; el cual realizo ensayos con velocidades por debajo de los 20 km/h los resultados determinados por el teléfono inteligente basado en un Android, los datos no son confiables. La evaluación para determinar el IRI promedio se realiza cada 100 m, además concluyó que a una velocidad constante de 50 km/h es más confiable los resultados obtenidos del IRI (Junai, 2015).

La tesis “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento rígido y condición operacional en la avenida Perú del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, agosto - 2016”, desarrollado por Flores Huamán, Edgar G. en el año 2016, cuyo objetivo principal fue determinar el índice de integridad estructural y conocer la condición operacional de la capa de rodadura del pavimento, donde se evaluó todas las fallas presentes en la vía, se determino el índice de integridad estructural igual a 14, calificando la condición operacional, muy malo (Flores, 2016).

La tesis “Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro, distrito Piura, provincia de Piura y departamento de Piura, noviembre 2017”, desarrollado por Zapata Díaz, Alexander M. en el año 2017, cuyo objetivo fue la evaluación y la determinación de las incidencias de las fallas presentes en el pavimento, resultado que permitió calificar el estado funcional del pavimento. En la presente investigación de la calle Lima, en la evaluación se determinaron 21 unidades de muestreo, considerando un área de muestreo igual a 228,6 m^2. Donde se evaluaron utilizando la metodología del PCI, donde se determinaron resultados considerando un valor igual a 56,14, calificando el estado del pavimento, como *bueno*, considerando a las fallas mas predominante en la investigación, el pulimento de agregados, de severidad leve (Zapata, 2017).

La tesis “Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay – Ingenio del KM 0+000 al KM 1+000, 2014”, desarrollado por Vergara Vicuña, Antony L. en el año 2015. En la presente investigación se utilizó la metodología del PCI, evaluando en un kilómetro de carretera todas las fallas presentes en el pavimento para calificar el estado funcional de la vía. De acuerdo a la determinación del índice de condición del pavimento, es decir el valor del PCI se puede realizar las recomendaciones de mantenimiento o rehabilitación. En la investigación se utlizaron 28 unidades de muestreo, obteniendo resultados como: el 36 % presentan un estado de pavimento *malo*; el 32 % presentan un estado *regular*; un 25 % presenta un estado *muy malo* y un 7 % estado *bueno*. Considerando todas las unidades de muestreo, se obtiene un valor de PCI promedio igual a 35 %, con ella se calificó el estado del pavimento evaluado como *malo*, el resultado obtenido finalmente ayudo a determinar el tipo de intervención, ya sea mantenimiento rutinario, periódico y rehabilitación necesaria a ejecutar en el pavimento (Vergara, 2015).

La tesis “Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima”, desarrollado por Carlos Ignacio Almenara Cueto, en el año 2015, en esta investigación se sostiene que se evaluó la rugosidad, utilizando el aplicativo Roadroid, para el cual se analizó las variaciones de la velocidad en el momento del ensayo, verificando la afectación de la velocidad en la obtención de los resultados de la rugosidad. En la investigación se concluyó que el aplicativo Roadroid es una alternativa muy favorable para la determinación del IRI, pues permite obtener resultados confiables para llevar un control de la rugosidad, para la toma de decisiones. Por otro lado se concluyó que para tener resultados confiables, se debe considerar en la evaluación velocidades mayores a 60 km/h, el valor del IRI es mas confiable (Almenara, 2015).

La tesis “Estudio de la rugosidad en pavimentos asfálticos de la ciudad de Puno”, desarrollado por Pari Luque en el año 2010, sostiene que la investigación se focaliza en el estudio de la rugosidad en el pavimento asfaltico, para ello se utilizó el Rugosímetro de MERLÍN, realizando los ensayos en las principales vías de la ciudad de Puno. Donde la determinación de la rugosidad evaluado por el rugosímetro de MERLIN detecta todas las irregularidades de la capa de rodadura del pavimento evaluado y ello conlleve para el mantenimiento respectivo de las principales vías de la ciudad de Puno. En la determinación de los ensayos efectuados con el rugosímetro de MERLIN, se obtiene valores del IRI en las vías ensayadas, Av. Circunvalación,

Av. El Ejército, Av. El Sol, Av. Floral, salida a desaguadero y salida a Juliaca, cuyos resultados sirvieron para calcular y determinar la transitabilidad en función del IRI calculado por el rugosímetro de MERLIN (Pari, 2010).

La tesis “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”, desarrollado por José Montoya Goicochea en el año 2013, en la presente investigación sostiene que del IRI calculado ayuda a determinar las tolerancias de calidad en el control de la rugosidad para los contratos de las concesiones viales. En el objetivo, se consideró relacionar el valor del IRI de diseño de la vía con los datos geométricos de la misma en consideración del CE-010 Norma Técnica de Pavimentos Urbanos. En la presente investigación se concluyó que al conocer los valores del IRI de diseño y del diseño geométrico de la via evaluada, ayuda a fundamentar en las especificaciones técnicas exigencias en los TDR para futuras concesiones viales y elaboración de estudios definitivos para proyectos futuros (Montoya, 2013).

La tesis “Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN monitoreo de conservación carretera cañete-Huancayo Km.110+000 al Km. 112+000”, desarrollado por Roberto Carlos Martin Pomasonco de la Cadena en el año 2010, en la presente investigación sostiene que es básico la determinación de la rugosidad (IRI), resultado que permite calificar la condición funcional de la vía (transitabilidad). El problema de la investigación es determinar la transitabilidad representativa, mejorando las condiciones de confort para el usuario de la vía en estudio. Se plantea el uso del valor de la rugosidad como un indicador de mejora con el confort y la transitabilidad como una mejora de la capacidad vial. Finalmente, los resultados de la evaluación utilizando el rugosímetro de MERLIN nos ayuda a determinar el tipo de intervención que necesita la vía investigada y al mismo tiempo saber qué metodologías se adaptan mejor con sus resultados a nuestras condiciones y realidades de nuestras carreteras en el país (Pomasonco de la Cadena, 2010).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Serviciabilidad

Es la calidad o nivel de servicio que perciben los usuarios del estado en el pavimento. Es por ello que en función del IRI calculado se califica el estado del pavimento. La evaluación de la serviciabilidad del pavimento viene a ser el índice de

Serviciabilidad presente (PSI), en función del valor IRI calculado los que fueron desarrollados por los técnicos del AASHO, en 1957. Como se muestra en la Tabla 1 el valor del PSI se encuentra en una escala de 0 a 5, desde calidad pésima hasta calidad muy buena. Asi mismo en la Tabla 2 se muestran los valores del PSR en función de la transitabilidad (Pomasonco de la Cadena, 2010).

Tabla 1

Escala de índice de serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy buena
4	Muy buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Nota. Tomado de la Guía de Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

Tabla 2

Transitabilidad mediante el IRI

PSR	Transitabilidad
0 – 1	Muy mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

Nota. En la tabla se observa la calificación de capacidad de servicio actual (PSR) de acuerdo a la transitabilidad. Esta tabla ha sido adaptada de Sachún (2016).

2.2.2. Cálculo de la serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI

De los datos de campo obtenidos para un tramo de estudio se determina el cálculo del IRI de acuerdo al cálculo del rango “D” mediante gráfico de las frecuencias de las lecturas obtenidas, aplicando las correcciones o la calibración del instrumento, finalmente calcular el IRI y en función de ello mediante la ecuación de Williams Paterson se determina la serviciabilidad presente PSI. (Sologorre, 2005)

2.2.3. Rugosidad

Son las irregularidades presentes en la capa de rodadura del pavimento, luego se inicia el deterioro del pavimento, afectando el tránsito fluido en las calles y carreteras, por lo que afecta en la calidad de tráfico, seguridad y confort en el usuario.

El Banco Mundial propuso una medida del índice de rugosidad internacional (IRI), cuyo rango de valores es desde cero a doce. El índice de rugosidad internacional, viene a ser la la rugosidad superficial del pavimento, el cual sirve para calificar el estado funcional del pavimento y calcular la serviciabilidad presente (Zapata, 2017).

2.2.4. Causas posibles de la rugosidad

La rugosidad en la capa de rodadura en los pavimentos, asfaltados recientemente o rehabilitados se generan por la falta de políticas de mantenimiento mala práctica en los procedimientos constructivos de la carretera, donde no se tomaron medidas de supervisión y control en la rasante de una carretera. En la etapa de la construcción se presentan fallas y patologías debido a: mala compactación, lo que resulta al final una superficie desigual, no verificar la superficie asfáltica, paradas y reinicios en el momento de pavimentar, juntas de mala calidad, rastrillado excesivo del material asfaltico, rodillado irregular, presencia de mezcla no uniforme, frenados bruscos de los volquetes, finalmente temperatura no uniforme del material asfáltico (Sachún, 2016).

2.2.5. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Existen factores que afectan la rugosidad de la parte superficial del pavimento, se consideran en especial: la edad del pavimento, alto tráfico vehicular, mal diseño de espesores, mala dosificación de la mezcla asfáltica, precipitaciones, índices de congelamiento o excesiva temperatura, exceso de finos en los agregados, finalmente excesiva presencia de fallas y patologías presentes (Montoya, 2013).

2.2.6. Importancia de la rugosidad en la superficie de rodadura en pavimentos para la circulación de vehículos

La rugosidad en la capa de rodadura por donde circulación los vehículos ligeros y pesados, generan aspectos de importancia (Montoya, 2013). A continuación

se detalla lo siguiente:

a. Seguridad y comodidad

Rugosidad minima ofrece mejores condiciones de seguridad y comodidad.

b. Costos de operación vehicular

De acuerdo a la presencia alta de las irregularidades superficiales, la velocidad en el vehículo es afectada negativamente, lo que produce mayor consumo de combustible, desgaste en los neumáticos y componentes mecánicos del vehículo.

c. Efectos dinámicos

La rugosidad presente puede generar estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura, los cuales pueden elevar los costos de mantenimiento y rehabilitación.

d. Acciones de conservación de las vías

La rugosidad inicial viene a ser un indicador en la construcción de carreteras de buena. Si la carretera tiene un IRI minimo, se considera que su vida útil del pavimento será mayor que otras que presenten deformaciones, por lo que es necesario tener presente a las cargas de tráfico, clima, materiales, estado de la subrasante, entre otros aspectos internos y externos. Para determinar las acciones de conservación es necesario conocer el índice de rugosidad internacional para definir el tipo de mantenimiento que necesite.

2.2.7. Índice de rugosidad internacional (IRI)

La sociedad americana de ensayos y materiales (ASTM) en la norma E-867 considera a la rugosidad como la desviación de la superficie de la rasante con relación a un terreno plano que puede afectar la circulación de los vehículos, y un adecuado confort de los viajes. La rugosidad también viene a ser una distorsión de la superficie de rodadura, que puede incomodar un viaje (Perera & Kohn, 2002).

2.2.8. Cálculo de la rugosidad (IRI)

La mayor experiencia en el calculo de la rugosidad en el Perú está en función del uso del rugosímetro de MERLIN, que significa “Máquina para la evaluación de rugosidad usando instrumentos de bajo costo”. De acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, estos resultados corresponden de hecho a un método de Clase 2. Otro método empleado también frecuentemente en el Perú, es el método de evaluación subjetiva, al que ha formado parte de la metodología elaborada alrededor del MERLIN (Rodríguez, 1999).

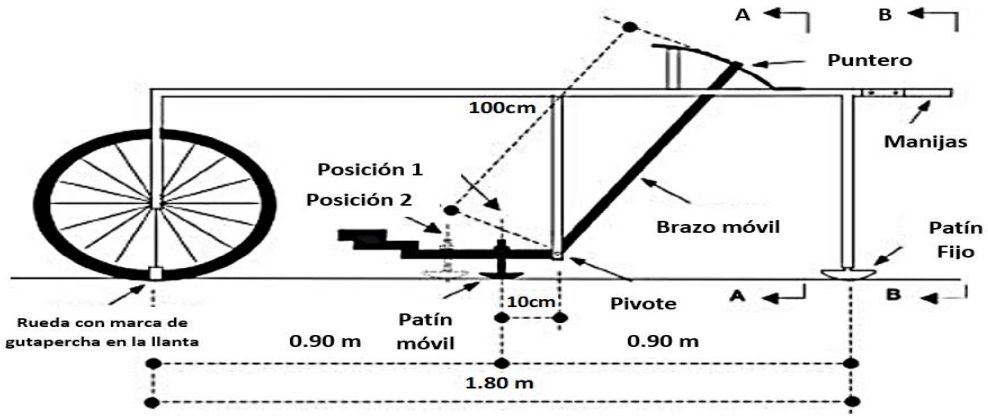
2.2.9. Rugosímetro MERLIN

Instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países emergentes, como el nuestro. La metodología que utiliza el rugosímetro de MERLIN, como un perfilómetro estático y debido a la gran confiabilidad de sus resultados, califica como Clase 2. La determinación de sus resultados con el rugosímetro de MERLIN, primeramente a una escala MERLIN y luego a una escala IRI, con una correlación igual 0.98, por su gran exactitud y confiabilidad, sólo es superado por la mira y nivel, el rugosímetro de MERLIN es utilizado por Bump Integrator y Mays Meter para la calibración de sus rugosímetros (Del Aguila, 1999).

El equipo de MERLIN cuenta con diferentes partes, tal como se muetra en la Figura 8, de igual manera se presentan algunos detalles del equipo en la Figura 9.

Figura 8

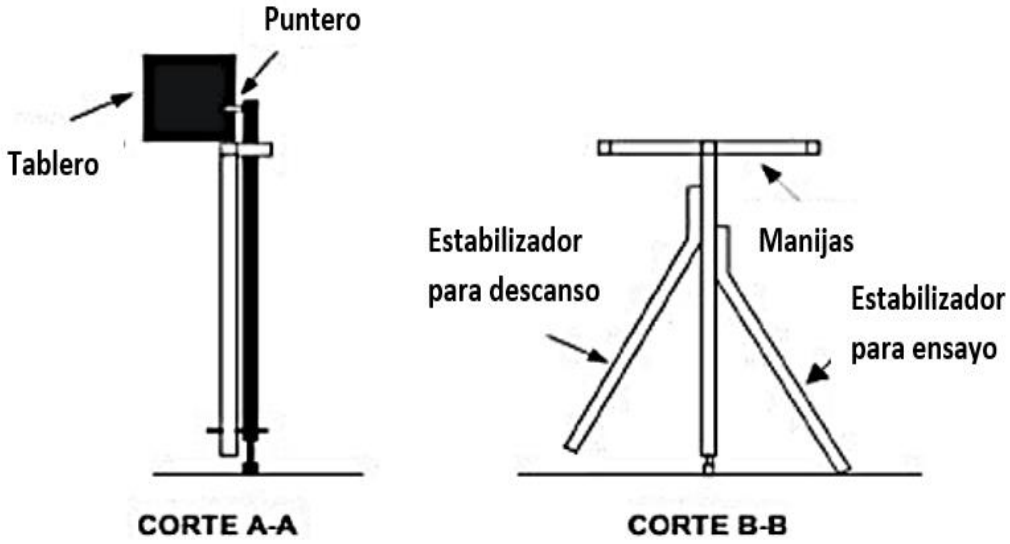
Partes principales del instrumento MERLIN



Nota. Tomado de *Partes del instrumento Merlin*, por P. Del Aguila Rodriguez (1999), Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad, Merliner.

Figura 9

Detalles del instrumento MERLIN



Nota. Tomado de *Detalles del instrumento Merlin*, por P. Del Aguila Rodriguez (1999), Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad, Merliner.

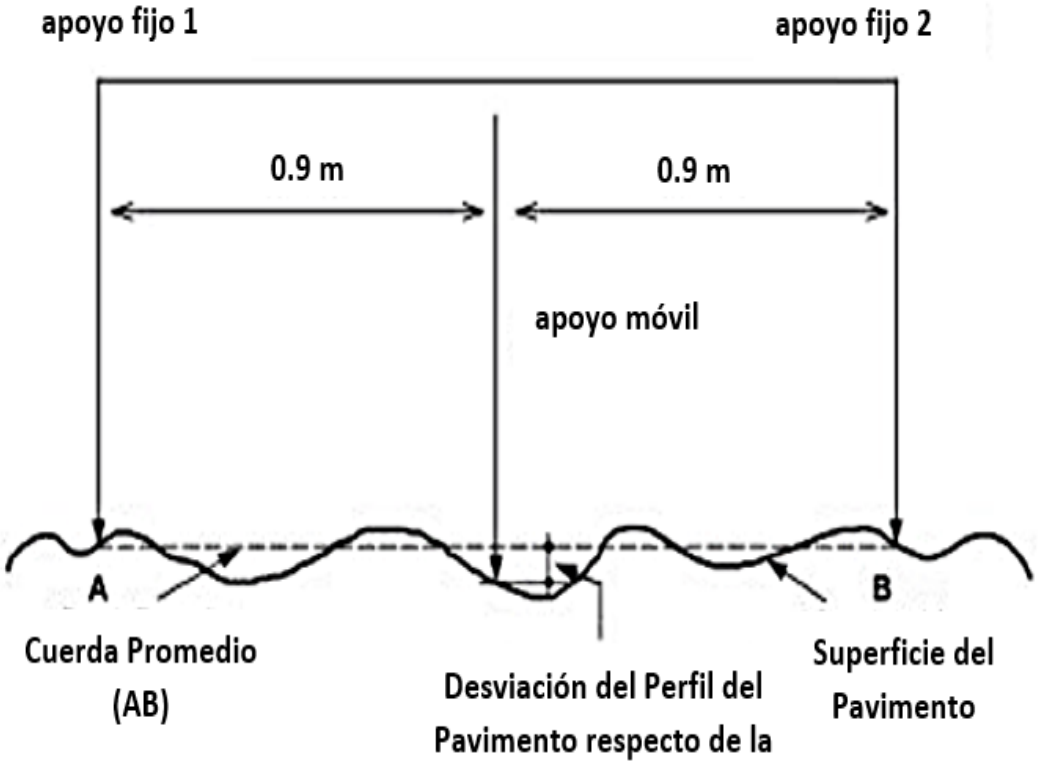
2.2.10. Ventajas del rugosímetro de MERLIN

El rugosímetro de MERLIN es de fácil construcción de acuerdo a los planos del TRRL, no requiere de un cuidado especial para el manejo, es robusto metálico, se puede calibrar fácilmente con procedimientos sencillos, que hacen su utilización muy sencillo para la obtención de los datos, no necesita de un operador especializado por lo que el entrenamiento es rápido para operar. Lo interesante del rugosímetro de MERLIN es que su mantenimiento es sumamente sencillo. En el Perú lo fabrica PERUTEST SAC. El rugosimetro de MERLÍN mide el desplazamiento vertical de la carretera hacia una línea imaginaria de longitud constante. Ese desplazamiento se conoce como “la desviación con respecto a la cuerda promedio”, tal como muestra la Figura 10. El rugosimetro de MERLÍN tiene dos patas, separados uno de otro una distancia de 1.8m, donde se ubican el patin móvil y el patin fijo.

Tiene un tablero con valores de 1 al 50 para el registro de datos, debemos tomar datos de 200 observaciones en un tramo de 400 m. con los datos obtenidos se generan histogramas de frecuencias. El valor de D, representa la rugosidad en la escala de MERLÍN (Del Aguila, 1999).

Figura 10

Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio AB.



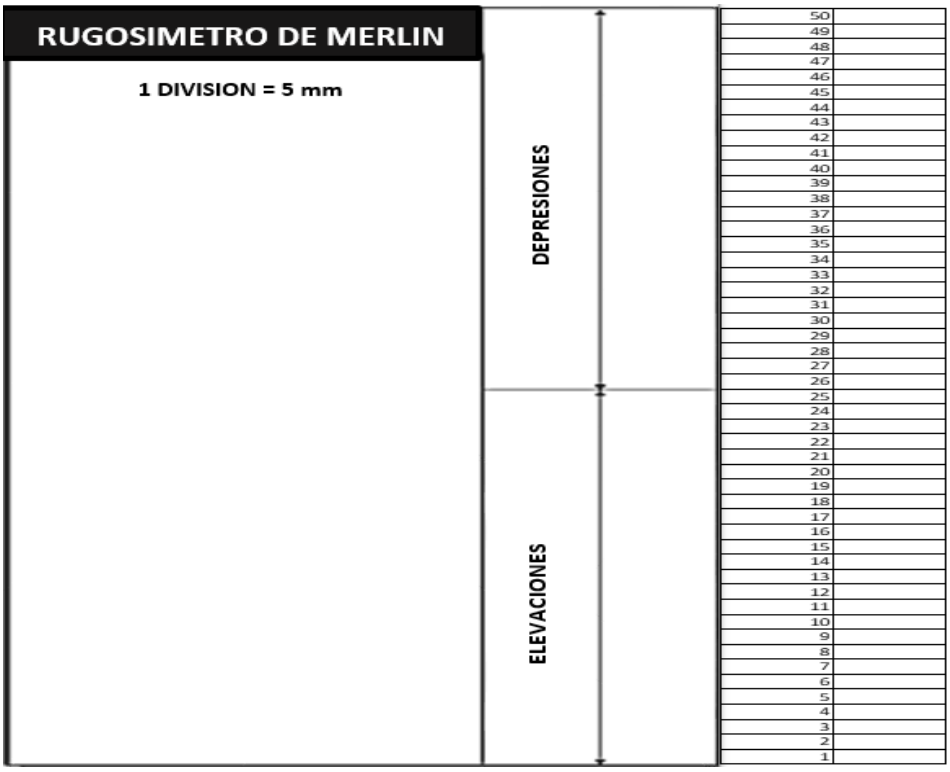
Nota. Tomado de *Desviación de la superficie del pavimento*, por P. Del Aguila Rodriguez (1999), Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad, Merliner.

En la parte central del MERLIN, se proyecta una barra verticalel cual no llega al piso, en ese extremo un brazo móvil pivotea. El otro extremo esta en contacto con el piso, viene a ser el patin móvil empernado y ajustable, este patin se adecua a las imperfecciones de la carretera, el extremo superior viene a ser el brazo móvil que termina en el tablero para determinar el dato necesario para la evaluación.

Para registrar los datos de las depresiones y elevaciones mediante el puntero, se utiliza una escala gráfica de 1 a 50 divisiones, así como se presenta en la Figura 11, cada división es igual a 5 mm cada una, esta se encuentra en el borde del tablero donde llega el puntero (Del Aguila, 1999).

Figura 11

Formato de campo para medir el IRI



Nota. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio. Tomado de *Formato de campo para medir el IRI*, por P. Del Aguila Rodriguez (1999), Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad, Merliner.

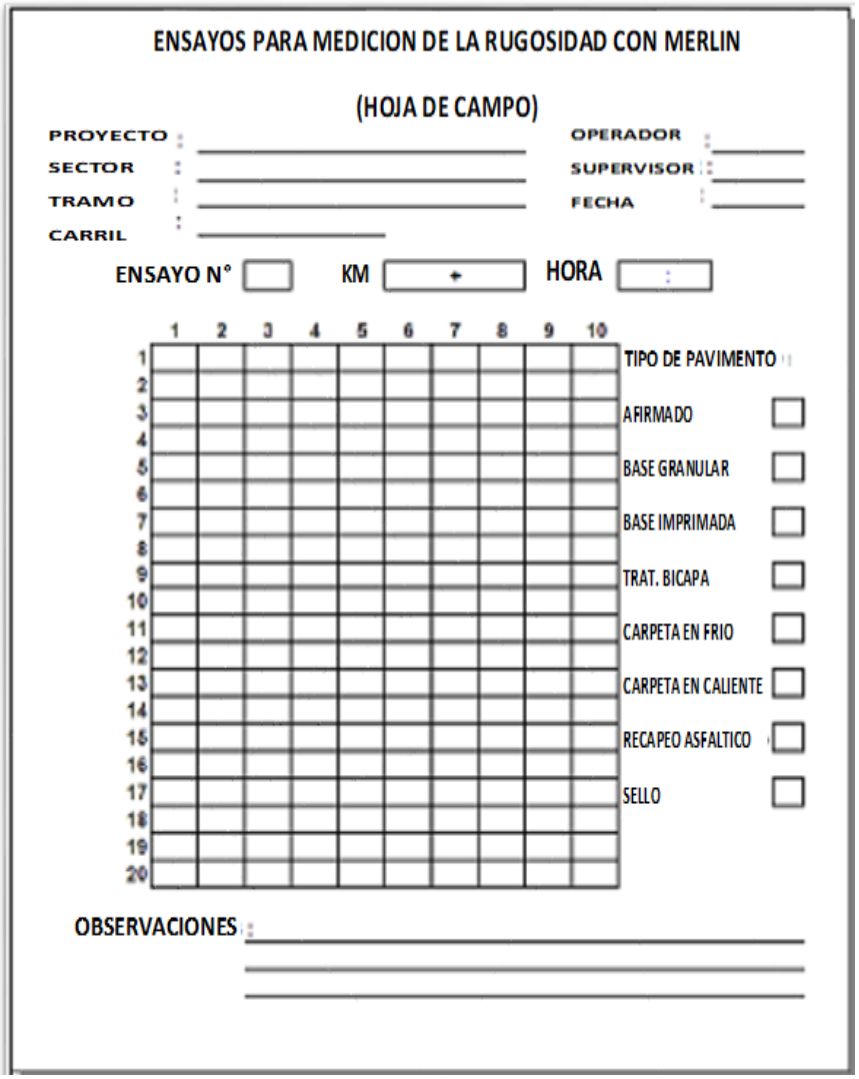
2.2.11. Modo de uso

Para ejecutar los ensayos se necesita un operador y su asistente, los cuales trabajan conjuntamente, el primero es el operador del MERLIN y toma las lecturas el segundo es el asistente quien anota las lecturas. Los tramos de evaluación son de 400m de longitud, la evaluación se realiza en el carril exterior del tráfico ida y vuelta, es decir carril derecho y carril izquierdo o calzada derecha y calzada izquierda.

En cada tramo de 400 m. se realizan 200 observaciones, es decir 200 lecturas que son detectadas por el patín móvil del MERLÍN, y estas transmitidas al puntero sobre la escala graduada del tablero, tomándose la lectura cada 2m de longitud, es decir, cada una vuelta de la rueda. Esta lectura es anotada en un formato de campo, así como semuestra en la Figura 12, donde los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha (Del Aguila, 1999).

Figura 12

Formato para recolección de datos de campo



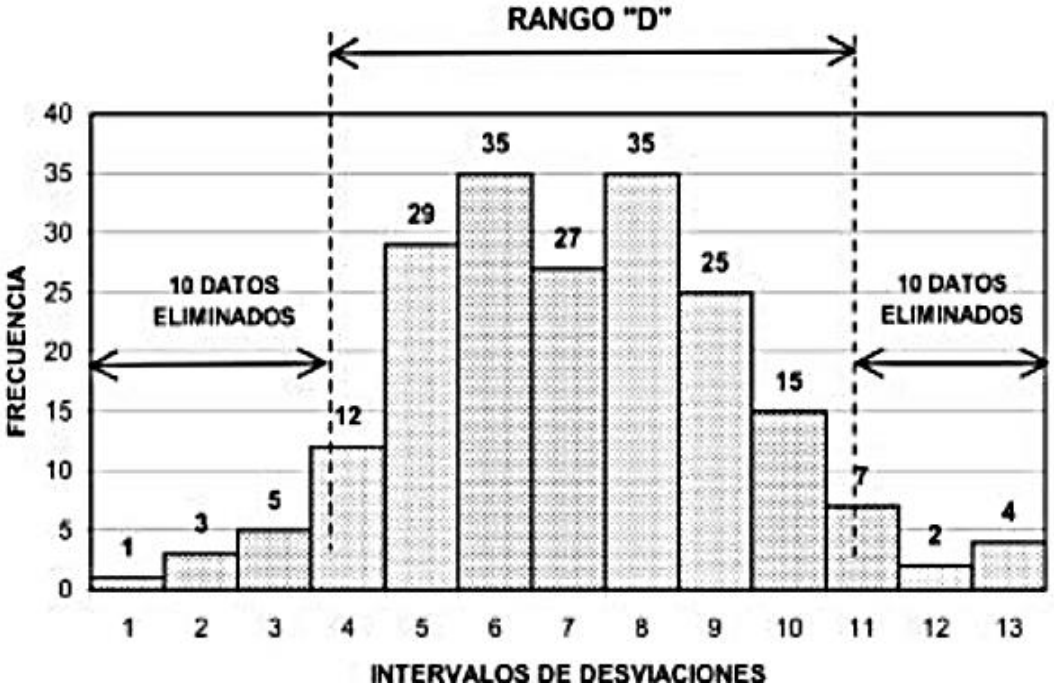
Nota. Tomado de *Formato para la recolección de datos de campo*, por P. Del Aguila Rodriguez (1999), Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad, Merliner.

2.2.12. Cálculo de la rugosidad

Para el calculo de la rugosidad se requiere 200 lecturas en 400 m. de longitud para calcular un valor IRI. La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las 200 lecturas obtenidas, así como se muestra en la Figura 13. Luego se calcula el Rango D, eliminando el 10% de los datos, en la practica significa eliminar 10 lecturas del lado izquierdo y 10 lecturas del lado derecho (Del Aguila, 1999).

Figura 13

Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.



Nota. Tomado de *Histograma de distribución de frecuencias*, por P. Del Aguila Rodriguez (1999), Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad, Merliner.

2.2.13. Método PCI

La metodología del PCI, es el método más aplicable y completa para la evaluación y calificación funcional de los pavimentos flexibles y rígidos, dentro de la conservación vial en el Perú. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales son mencionadas más adelante.

La evaluación con el PCI nivel de capa de rodadura del pavimento es una función de la clase de la falla, su severidad y cantidad o densidad de las fallas. Para los cálculos de la determinación considerando los tres factores ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para determinar las dificultades se introdujeron los “valores deducidos”, tal como se presenta en la Tabla 3, como un factor de ponderación, con la finalidad de conocer el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento (Vásquez, 2002).

El rango de calificación del PCI varía desde cero (0), para un pavimento fallado, para valores de cien (100) para un pavimento excelente.

Tabla 3

Rangos de calificación del PCI

PCI	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. Tomado de Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras por L. Vázquez (2002)

La determinación del valor PCI viene a ser el resultado de una inspección visual de las fallas y deterioros en el pavimento, donde se verifica clase, severidad y cantidad para cada falla. El PCI considera obtener un índice de condición del pavimento y de la condición operativa de la capa de rodadura (Vásquez, 2002).

2.2.14. Severidad

La severidad, viene a ser el grado de deterioro, cuando más severo es el daño, necesita mas detalles para su corrección. Depende de la inspección visual valorar las fallas y patologías presentes en el pavimento y de acuerdo a la percepción establecer el grado de severidad en las fallas encontradas: bajo (l), medio (m), alto (h) (Sachún, 2016)**.**

2.2.15. Extensión

Se debe considerar una división en unidades de muestreo para el cual, el área de trabajo no puede exceder el rango de 230m^2+- 93 $m^{2.}$ (Vásquez, 2002).

2.2.16. Determinación de la longitud de la unidad de muestreo

Se divide la vía en unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura. (Vásquez, 2002) En la Tabla 4 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 4

Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5,00	46,0
5,5	41,8
6,0	38,3
6,5	35,4
7,3 (máximo)	31,5

Nota. Tomado de Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras por L. Vázquez (2002)

2.2.17. Determinación de unidades de muestreo para evaluación

Se calcula un valor estadísticamente adecuado, el número mínimo de unidades de muestra “n” para ser evaluada visualmente en una sección dada, es calculado empleando la ecuación y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor (Choque, 2019).

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

Dónde:

n: Número mínimo.

N: Número total de muestras.

e: Error admisible (e= 5%).

σ: Desviación estándar asumimos 10o.

2.2.18. Selección de unidades de muestreo para inspección

Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionados esté definido, se debe calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “i” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente formula redondeando el resultado al próximo número entero menor(Choque, 2019).

$$i = \frac{N}{n} \tag{2}$$

Dónde:
N: Número total.
n: Número minimo de muestras.
i: Intervalo de muestreo.

2.2.19. Cálculo de los valores deducidos (VD)

A cada unidad de muestra seleccionada para la inspección, se la registra individualmente, y se le detecta el tipo de falla, su severidad y cantidad de fallas, los cuales se deben registrar en el formato de campo, asi como se detalla en la Figura 14, se repite el procedimiento para cada unidad de muestra (Vásquez, 2002).

Figura 14

Hoja de registro de campo

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	V.D.
										TOTAL V.D.=	

Nota. Tomado de Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfalticos y de concreto en carreteras por L. Vázquez (2002).

2.2.20. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

El valor deducido se coloca de mayor a menor, valores obtenidos en la primera iteración de cálculos usando el ábaco y luego se elige el número máximo de valores deducidos (HDV) luego se calcula el número de valores deducidos (Sachún, 2016).

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

Dónde:

m_i: Número máximo de valores deducidos, se debe incluir la fracción.
HDVi: Máximo valor deducido por unidad de muestreo.

2.2.21. *Cálculo del máximo valor deducido corregido (VDC)*

El cálculo se obtiene mediante un proceso iterativo y consiste en determinar el número de valores deducidos mayores que 2 que se denomina “q”, luego se determina el Valor deducido total que resulta de sumar todos los valores individuales y para obtener el valor del VDC se usa el abaco de la Figura 16, se debe repetir el procedimiento de tal forma en que cada iteración se reduzca a 2 el dato de menor valor de los que hayan superado el valor deducido de 2, que junto al valor deducido total que no cambiara de valor se debe ingresar al ábaco y calcular el valor correspondiente de VDC y con la ayuda de un formato, tal como se muestra en la Figura 15, donde se tomará el máximo valor deducido corregido (VDC) (Vásquez, 2002).

Figura 15

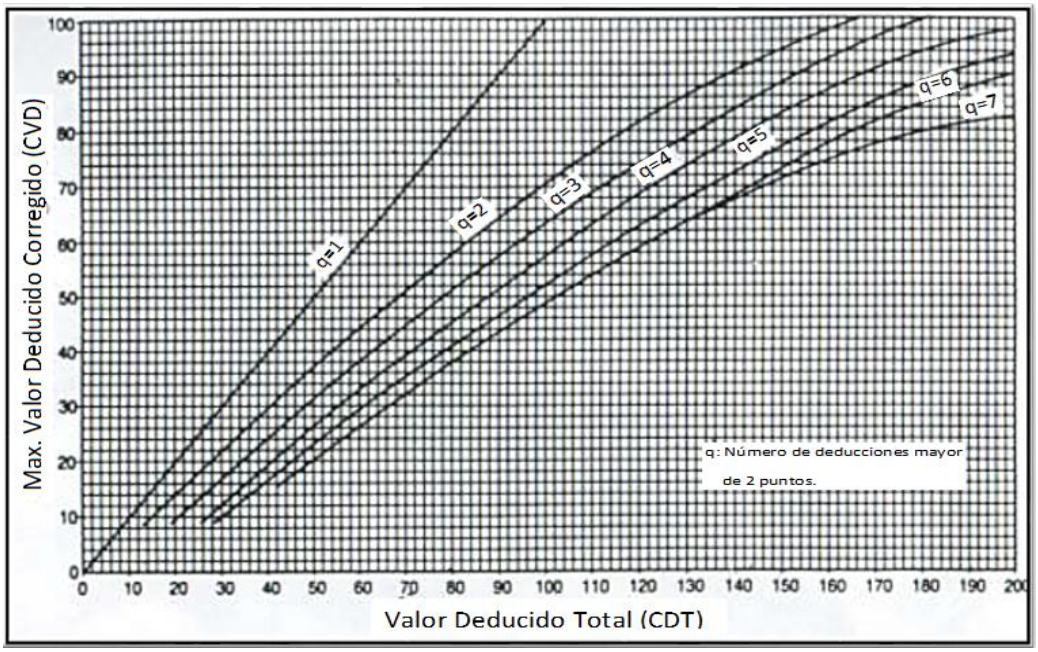
Formato para la obtención del Máximo Valor Deducido Corregido

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1							-	-			
2											
3											
4											
5											
6											
										MAX V.D. C.	

Nota. Tomado de Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfalticos y de concreto en carreteras por L. Vázquez (2002).

Figura 16

Curvas de corrección del Valor Deducido para pavimento flexible



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de pavimentos(2009).

2.2.22. Determinación PCI de unidades de muestreo

El máximo valor deducido corregido (VDC) nos permitirá hallar el PCI de acuerdo a la fórmula presentada seguidamente (Vásquez, 2002):

$$PCI = 100 - máx.CDV \quad (4)$$

Dónde:

Max. VDC = Máximo valor deducido corregido
PCI = Índice de condición de pavimento.

2.2.23. Clasificación del pavimento según el PCI

La calificación del estado funcional de la capa superficial del pavimento se realiza de acuerdo al valor ponderado del PCI, como se muestra en la Tabla 5 . Y con ese resultado PCI se califica el estado del pavimento, luego el tipo de intervención (Shahin, 2005).

Tabla 5

Intervención de acuerdo al PCI

PCI	Estado	Intervención
0 – 30	malo	reconstrucción
31 – 70	regular	rehabilitación
71 -100	bueno	mantenimiento

Nota. Tomado de Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots*,* por M. Shanin (2005).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Serviciabilidad

Percepción del nivel de servicio en el pavimento, que permite un flujo vehicular adecuado durante un determinado tiempo (Choque, 2019).

2.3.2. Índice de serviciabilidad

Condición del servicio, medible en una escala de 0 a 5, qel cual indica una condición de serviciabilidad en un momento determinado, se percibe un manejo seguro y confortable en los usuarios (Choque, 2019).

2.3.3. IRI

Índice de Rugosidad Internacional, estado característico de la condición funcional de la capa de rodadura de un pavimento en m/km (Choque, 2019).

2.3.4. Rugosímetro de MERLIN

Instrumento diseñado para los países emergentes y para la medición de la rugosidad, como una variante del perfilómetro estático. Pintado de color amarillo o negro, de fácil embalaje y transporte (Choque, 2019).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo Aplicada con enfoque cuantitativo, porque busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas, con el único objetivo de ampliar el conocimiento.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es de nivel Descriptivo exploratorio, porque se pretende ahondar con la investigación, alcance poco antes estudiada, estableciendo prioridades para futuras investigaciones.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Para la presente investigación se considera todas las calles y avenidas del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

3.2.2. Muestra

Av. Municpal, tramo: Ovalo Cuzco – Av. Bohemia tacneña, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Variables y definición operacional

A continuación se detallan las variables de la investigación, que a su vez son descritas en el Anexo 9.

3.3.1.1. Variable dependiente: serviciabilidad vial

- Definición Conceptual

La serviciabilidad define una medida del comportamiento en el pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad (Huanca, 2021).

- Definición Operacional

De acuerdo a los resultados obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional, y con el uso de la fórmula de Williams Paterson se obtiene para cada tramo los resultados de la serviciabilidad.

- Indicadores

Los indicadores de la variable dependiente Serviciabilidad

Indicador	Escala	Unidad
muy buena	5	adimensional
buena	4	
regular	3	
mala	2	
muy mala	1	

3.3.1.2. Variable independiente: determinación de la rugosidad y el índice de condición

- Definición conceptual

La determinación de la rugosidad utilizando el rugosímetro de MERLIN, valores de las desviaciones de la superficie respecto a una cuerda promedio. El PCI es un índice numérico que varia desde cero para un pavimento fallado hasta cien para un pavimento excelente.

- Definición operacional

El Índice de Rugosidad Internacional representa un valor en m/km para calificar el estado del pavimento, seguido del cálculo de la transitabilidad y el PCI con rango de calificación de 0 a 100, sustentados en la presencia de fallas y patologías que causan daños por efectos del tráfico en su vida útil del pavimento.

3.4. Técnicas de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

- Evaluación de campo

Se realizo la evaluación funcional aplicando el método del PCI, la cual se describió en el marco teórico, este método analiza diferentes patologías o fallas las cuales fueron realizados por la investigadora con ayuda de personal técnico en la vía de estudio así como se muestra en la Figura 17. Las fechas del ensayo se desarrollaron el domingo 08 de agosto 2021, el equipo de trabajo estuvo conformado por:

- Bach. Roxana Huanca, tesista
- Asistente de campo

Figura 17

Medición fallas en carril de subida

- Metodología PCI.
- Rugosímetro de MERLIN.
- Ficha de observación como instrumento de medida, para ser aplicada en el momento de obtención de datos de campo en la vía de la Av. Municipal.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para la obtención de los datos de campo en la presente investigación fueron:

- Ficha o formulario de observación del método PCI
- Evaluación de la severidad de las patologías
- Guías de observación y formatos de campo
- Equipo rugosímetro tipo MERLIN
- Formatos de campo para datos de IRI.
- Conos de seguridad
- Planos de distribución

Los procedimientos realizados para la obtención de datos de campo, tanto en los ensayos del Metodo del PCI y del método del IRI se muestran en la Figura 18 y Figura 19.

Figura 18

Muestreo en campo Av. Municipal: Unidad de muestreo 3, 8 y 13, Tramo 1

Figura 19

Muestreo en campo Av. Municipal: Unidad 3 y Unidad 8, Tramo 2

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Los datos que se requerirán para llevar a cabo el desarrollo de la presente investigación, se presentaran en base a fichas o formatos de observación para el Calculo de la serviciabilidad utilizando la ecuación de Williams Paterson en función al IRI determinado. La presentación de los resultados del Rugosímetro de MERLIN y la metodología PCI se hacen tablas y figuras y su procesamiento se ha realizado en la Hoja electrónica excel.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Cálculo de los valores PCI

4.1.1. Determinación de la longitud de la unidad de muestreo

Se tiene un ancho de calzada de 7,20 m. De los datos de la Tabla 4 y realizando la interpolación se obtiene lo siguiente:

$$\text{Longitud de muestreo} = 35{,}40\ \text{m} - \frac{(6{,}50\text{m} - 7{,}20\text{m}) * (35{,}40\text{m} - 31{,}50\text{m})}{6{,}50\text{m} - 7{,}30\text{m}}$$

Longitud de muestreo = 32,00 m

Se determino una longitud de 32 m para una calzada de 7,20 m, por unidad de muestra.

4.1.2. Determinamos la unidad de muestreo

Para obtener el número de unidades mínimo de muestreo, se aplica la Ecuación 1, para lo cual se tiene lo siguiente:

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

Primero calculamos el N en la zona de investigación.

$$\text{N} = \frac{Longitud\ total\ de\ la\ vía\ (m)}{longitud\ de\ la\ unidad\ de\ muestra\ (m)}$$

N = 2 660m/(32 m)

N = 83

Reemplazamos el valor obtenido en la ecuación anterior, para determinar la cantidad mínima de unidades de muestreo:

$$n = \frac{83*10^2}{\frac{5^2}{4}*(83-1)+10^2}$$

$$n = \frac{8300}{612,5}$$

n = 14,00

4.1.3. Determinamos el intervalo de las unidades de muestreo

A continuación se calcula el intervalo de muestra (i), para lo cual se utiliza la Ecuación 2:

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

Luego, obtenemos:

$$I = \frac{83}{14}$$

I = 5,0

4.1.4. Resultados del método PCI - Av. Municipal

En la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8, se presentan los resultados de las unidades de muestras seleccionadas alternadamente para la calzada derecho del tramo 1, las cuales son: 3, 8 y 13.

Tabla 6

Resultado. Unidad de muestreo 3 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
6	H	12,24	12,24	5,31	
11	L	0,58	0,58	0,25	
11	H	1,45	1,45	0,63	
13	H	1	1	0,43	
19	H	215,13	215,13	93,37	

Tabla 7

Resultado. Unidad de muestreo 8 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
10	H	3,5	3,5	1,52	
11	L	3,96	3,96	1,72	
19	H	222,94	222,94	96,76	

Tabla 8

Resultado. Unidad de muestreo 13 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales					Total	Densidad	V.D
11	L	4,1	2,4	1,8	7,6	3,2	19,1	8,29	
13	H	3					3	1,30	
19	H	208,3					208,3	90,41	

De igual manera en la Tabla 9 , Tabla 10 y Tabla 11 se presentan los resultados de las unidades de muestra los cuales son: 18, 23 y 28.

Tabla 9

Resultado. Unidad de muestreo 18 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
10	M	5	5	2,17	
11	L	6,5	6,5	2,82	
11	M	9,64	9,64	4,18	
19	H	209,26	209,26	90,82	

Tabla 10

Resultado. Unidad de muestreo 23 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad	V.D
6	H	11,52	2,56	14,08	6,11	
11	H	8,64		8,64	3,75	
13	M	1		1	0,43	
19	H	206,68		206,68	89,70	

Tabla 11

Resultado. Unidad de muestreo 28 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
6	H	2,56	2,56	1,11	
19	H	227,84	227,84	98,89	

Los resultados de las unidades de muestras 33, 38, 43 y 48 se presentan en la Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15 respectivamente.

Tabla 12

Resultado. Unidad de muestreo 33 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
19	H	230,4	230,4	100,00	

Tabla 13

Resultado. Unidad de muestreo 38 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
19	H	230,4	230,4	100,00	

Tabla 14

Resultado. Unidad de muestreo 43 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
11	H	1,75	1,75	0,76	
13	H	1	1	0,43	
19	H	227,65	227,65	98,81	

Tabla 15

Resultado. Unidad de muestreo 48 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
6	H	2,56	2,56	1,11	
19	H	227,84	227,84	98,89	

En la Tabla 16 , Tabla 17 y Tabla 18, se presentan los resultados de las unidades de muestra los cuales son: 53, 58 y 63.

Tabla 16

Resultado. Unidad de muestreo 53 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
11	H	8,1	8,1	3,52	
19	H	222,3	222,3	96,48	

Tabla 17

Resultado. Unidad de muestreo 58 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
11	L	1,8 0,3 0,24	2,34	1,02	
11	H	44,8 2,4 2,52 1,35 2,24	53,31	23,14	
13	H	1	1	0,43	
19	H	173,75	173,75	75,41	

Tabla 18

Resultado. Unidad de muestreo 63 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
11	L	3,25 2,8 3,75 1,62	11,42	4,96	
19	H	218,98	218,98	95,04	

Finalmente en la Tabla 19, Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22, se presentan los resultados de las unidades de muestra los cuales son: 68, 73, 78 y 83.

Tabla 19

Resultado. Unidad de muestreo 68 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
11	L	0,75	0,75	0,33	
19	H	229,65	229,65	99,67	

Tabla 20

Resultado. Unidad de muestreo 73 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
6	H	2,56	2,56	1,11	
10	M	4,5	4,5	1,95	
11	L	0,36	0,36	0,16	
19	H	222,98	222,98	96,78	

Tabla 21

Resultado. Unidad de muestreo 78 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
19	H	230,4	230,4	100,00	

Tabla 22

Resultado. Unidad de muestreo 83 del tramo 1

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V.D
11	H	2,4	2,4	1,04	
13	M	1	1	0,43	
19	H	227	227	98,52	

4.1.5. Resultados PCI - tramo 1

En la Tabla 23 se presenta las unidades de muestra con sus respectivos valores de PCI, donde se obtiene un PCI ponderado.

Tabla 23

Resultados del PCI en el tramo 1, avenida Municipal

Sección	Unidad	Progresiva Inicial (km)	Progresiva Final (km)	Longitud (m)	PCI	Condición
Sección 1	U–03	0+064,00	0+096,00		12,77	muy malo
Sección 1	U–08	0+224,00	0+256,00		17,70	muy malo
Sección 1	U–13	0+384,00	0+416,00		10,98	muy malo
Sección 1	U–18	0+544,00	0+576,00		18,20	muy malo
Sección 1	U–23	0+704,00	0+736,00		13,38	muy malo
Sección 1	U–28	0+864,00	0+896,00	32,00	19,40	muy malo
Sección 1	U–33	1+024,00	1+056,00		21,20	muy malo
Sección 1	U–38	1+184,00	1+216,00		21,20	muy malo
Sección 1	U–43	1+344,00	1+376,00		17,40	muy malo
Sección 1	U–53	1+664,00	1+696,00		19,70	muy malo
Sección 1	U–58	1+824,00	1+856,00		21,20	muy malo
Sección 1	U–63	1+984,00	2+16,00		19,90	muy malo
Sección 1	U–68	2+144,00	2+176,00		21,25	muy malo
Sección 1	U–73	2+304,00	2+336,00		17,70	muy malo
Sección 1	U–78	2+464,00	2+496,00		21,20	muy malo
MUESTREO ADICIONAL					18,23	muy malo
Sección 1	U–1	0+000,00	0+032,00		21,74	muy malo
Sección 1	U–19	0+256,00	0+288,00		20,90	muy malo
Sección 1	U–55	1+728,00	1+760,00	32,00	0,00	fallado
Sección 1	U–81	2+560,00	2+592,00		18,10	muy malo
				PCI ponderado	9,05	fallado

Determinamos el dato de campo por unidades de muestreo

Calzada Izquierda

Se presentan los resultados de las unidades de muestras seleccionadas alternadamente para la calzada izquierdo del tramo 2, como se detalla en la Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28, las cuales son: 3, 8, 13,18 y 23.

Tabla 24

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 3 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
19	H	230,4	23,4	100,00	

Tabla 25

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 8 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
10	M	32,5	32,5	14,11	
19	H	197,9	197,9	85,89	

Tabla 26

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 13 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
19	H	230,4	230,4	100,00	

Tabla 27

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 18 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales			Total	Densidad	V,D
10	H	7	4,5	2,8	14,3	6,21	
11	H	7,92			7,92	3,44	
19	H	208,18			208,18	90,36	

Tabla 28

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 23 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
19	H	230,4	230,4	100,00	

De igual manera se presentan los resultados de las unidades de muestras, como se detalla en la Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31, las cuales son: 28, 33 y 38.

Tabla 29

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 28 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
11	M	1,96	1,96	0,85	
19	H	228,44	228,44	99,15	

Tabla 30

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 33 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
19	H	230,4	230,4	100,00	

Tabla 31

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 38 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
10	L	3	3	1,30	
11	M	1,92	1,92	0,83	
13	M	2	2	0,87	
19	H	223,48	223,48	97,00	

Para las unidades de muestra 43,48 y 53 sus resultados se detallan en la Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34 respectivamente.

Tabla 32

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 43 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
10	M	4	4	1,74	
13	H	1	1	0,43	
19	H	225,4	225,4	97,83	

Tabla 33

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 48 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
10	M	12	12	5,21	
13	M	14	14	6,08	
19	H	204,4	204,4	88,72	

Tabla 34

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 53 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
13	H	1	1	0,43	
19	H	229,4	229,4	99,57	

En la Tabla 35, Tabla 36 y Tabla 37 se dan a conocer los resultados para las unidades de muestreo 58, 63 y 68 respectivamente.

Tabla 35

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 58 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
11	L	7,92	7,92	3,44	
19	H	222,48	222,48	96,56	

Tabla 36

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 63 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
11	L	1,45	1,45	0,63	
13	H	1	1	0,43	
19	H	227,95	227,95	98,94	

Tabla 37

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 68 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
19	H	230,4	230,4	100,00	

Finalmente los resultados de las unidades de muestra 73, 78 y 83, se muestran a detalle en la Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40.

Tabla 38

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 73 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
10	M	7,8	7,8	3,39	
19	H	222,6	222,6	96,61	

Tabla 39

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 78 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
6	H	2,56	2,56	1,11	
19	H	227,84	227,84	98,89	

Tabla 40

Hoja de registro de campo, Unidad de muestreo 83 del tramo 2

Daño	Severidad	Cantidades Parciales	Total	Densidad	V,D
19	H	230,4	230,4	100,00	

4.1.6. Resultados del PCI - tramo 2

Para la unidad de muestreo 3 en el tramo 2 se obtuvieron los resultados respectivos dándonos un PCI con una clasificación de muy malo así como se muestra en la Figura 22. En el Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4 se encuentran los formatos con los resultados del PCI por cada unidad de muestra, que corresponde a la calzada izquierdo de la avenida Municipal.

Figura 20

Resultados del PCI – Unidad de muestreo 3, tramo 2

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA SERVICIABILIDAD EN LA AV. MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUZCO - AV. BOHEMIA TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA-TACNA, 2019"

TRAMO :	**N° 02**	**SECCIÓN :**	**2**
UNIDAD DE MUESTREO :	**U - 3**		

ÁREA DE LA UNIDAD :	**230.40 m2**
FECHA :	**8/08/2021**

PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+64.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+96.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m

EVALUADOR :	**HUANCA GOMEZ, ROXANA**

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES									TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	H	230.4									230.40	100.00	78.80
													Total VD :	78.80

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **2.95**

Valor deducido más alto HDV : **78.80**

N°	VALORES DUDUCIDOS											VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.80											78.80	1	78.80
													Máx. VDC	78.80

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC) = **21.20**

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Nota. En la imagen se detalla el valor deducido corregido mediante al cual podremos hallar la clasificación PCI de la unidad de muestra.

Tabla 41

Resultados del PCI en el tramo 2, avenida Municipal

Sección	Unidad	Progresiva inicial (km)	Progresiva final (km)	Longitud (m)	PCI	Condición
Sección 2	U–03	0+064,00	0+096,00		21,20	muy malo
Sección 2	U–08	0+224,00	0+256,00		21,40	muy malo
Sección 2	U–13	0+384,00	0+416,00		21,20	muy malo
Sección 2	U–18	0+544,00	0+576,00		18,15	muy malo
Sección 2	U–23	0+704,00	0+736,00		21,20	muy malo
Sección 2	U–28	0+864,00	0+896,00		19,30	muy malo
Sección 2	U–33	1+024,00	1+056,00		21,20	muy malo
Sección 2	U–38	1+184,00	1+216,00		17,70	muy malo
Sección 2	U–43	1+344,00	1+376,00	32,00	17,50	muy malo
Sección 2	U–48	1+504,00	1+536,00		4,34	fallado
Sección 2	U–53	1+664,00	1+696,00		19,30	muy malo
Sección 2	U–58	1+824,00	1+856,00		19,70	muy malo
Sección 2	U–63	1+984,00	2+16,00		18,00	muy malo
Sección 2	U–68	2+144,00	2+176,00		21,20	muy malo
Sección 2	U–73	2+304,00	2+336,00		19,70	muy malo
Sección 2	U–78	2+464,00	2+496,00		19,40	muy malo
Sección 2	U–83	2+624,00	2+656,00		21,20	muy malo
MUESTREO ADICIONAL					18,92	muy malo
Sección 2	U–42	1+312,00	1+344,00	32,00	5,95	fallado
				PCI ponderado	12,44	muy malo

4.2. Cálculo de la rugosidad utilizando MERLIN

La avenida Municipal, es evaluada en ambas calzadas en tramos de 400 m, con mediciones consecutivas de 200 lecturas, utilizando el rugosímetro de MERLIN, obteniendo datos de campo para luego procesarlo mediante una hoja de calculo excel, tal como se muestra en la Figura 21, Figura 22 y Figura 23, determinando así el índice de rugosidad en 7 tramos. En el Anexo 5, Anexo 6, Anexo 7 y Anexo 8 , se encuentran las lecturas de campo obtenidos por el MERLIN por cada tramo de evaluación, que corresponde a la calzada derecho de la avenida Municipal. Así

también se encuentran los cálculos de la rugosidad por tramos evaluados en la calzada derecho e izquierdo de la avenida en estudio.

Figura 21

Datos de campo, calzada derecho-tramo 1

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: **'DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD Y EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PARA MEJORAR LA SERVICIABILIDAD EN LA AV.MUNICIPAL, TRAMO OVALO CUZCO-AV.BOHEMIA TACNEÑA, TACNA 2020"**

SECTOR: 0+000 al 0+400 **Nº DE ENSAYO:** 1

CARRIL: DERECHA **FECHA:** 2/05/2021

	LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
1	38	27	19	7	19	24	22	13	29	27
2	21	19	23	17	22	31	24	24	22	21
3	35	24	26	1	20	24	17	15	25	18
4	22	25	22	23	18	20	12	31	28	27
5	43	28	26	27	24	26	27	24	22	23
6	26	21	22	23	22	22	21	25	25	20
7	23	18	13	24	22	21	27	24	24	24
8	1	18	29	30	26	25	26	23	22	25
9	31	27	24	22	25	25	29	26	27	25
10	2	26	23	25	24	23	25	23	24	27
11	24	25	31	27	19	25	28	30	24	14
12	21	22	22	30	29	29	25	26	23	25
13	27	24	21	25	31	23	23	23	24	25
14	21	19	15	23	28	21	26	22	27	28
15	24	25	50	21	17	16	16	25	25	28
16	25	25	4	15	24	27	24	21	21	19
17	31	24	13	26	25	26	25	25	25	22
18	26	26	15	21	29	49	26	20	25	26
19	26	16	1	25	22	50	26	21	24	31
20	18	29	11	21	25	27	27	21	24	23
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

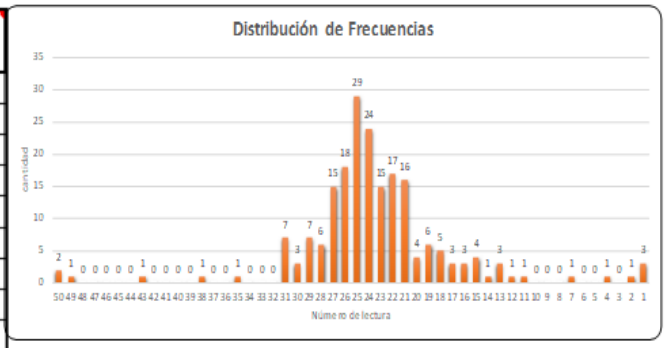
AFIRMADO	
BASE GRANULAR	
BASE IMPRIMADA	
TRAT. EN CAPA	
CARPETA EN FRIO	X
CARPETA EN CALIENTE	
RECAPEO ASFÁLTICO	
SELLO	
OTROS	

Nota. En la imagen se detalla las lecturas tomadas en campo, así como el carril en estudio.

Figura 22

Resultados de la rugosidad con MERLIN, calzada derecho - Tramo 1

	LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
1	38	27	19	7	19	24	22	13	29	27
2	21	19	23	17	22	31	24	24	22	21
3	35	24	26	1	20	24	17	15	25	18
4	22	25	22	23	18	20	12	31	28	27
5	43	28	26	27	24	26	27	24	22	23
6	26	21	22	23	22	22	21	25	25	20
7	23	18	13	24	22	21	27	24	24	24
8	1	18	29	30	26	25	26	23	22	25
9	31	27	24	22	25	25	29	26	27	25
10	2	26	23	25	24	23	25	23	24	27
11	24	25	31	27	19	25	28	30	24	14
12	21	22	22	30	29	29	25	26	23	25
13	27	24	21	25	31	23	23	23	24	25
14	21	19	15	23	28	21	26	22	27	28
15	24	25	50	21	17	16	16	25	25	28
16	25	25	4	15	24	27	24	21	21	19
17	31	24	13	26	25	26	25	25	25	22
18	26	26	15	21	29	49	26	20	25	26
19	26	16	1	25	22	50	26	21	24	31
20	18	29	11	21	25	27	27	21	24	23



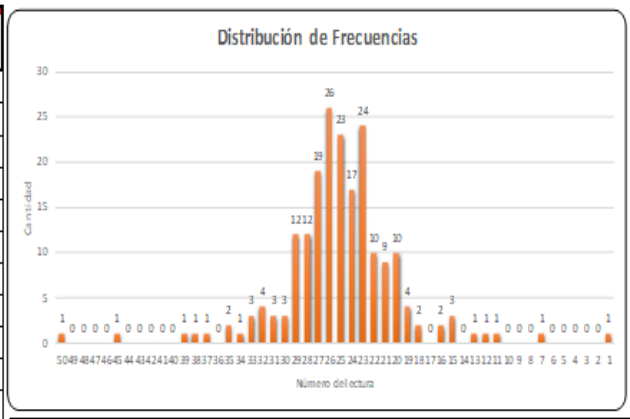
CONVERSIÓN A DE "IR" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	3.831 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.49
CLASIFICACIÓN DEL PSI	REGULAR

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.49
CONVERSIÓN A PCI	49.8
CLASIFICACIÓN DEL PCI	REGULAR

Figura 23

Resultados de la rugosidad con MERLIN, carril izquierdo - Tramo 2

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
13	20	27	29	26	22	28	30	25	29
12	20	23	26	24	32	22	7	29	25
27	23	21	25	24	27	32	50	24	22
29	24	23	26	25	25	19	35	29	22
23	23	25	26	26	26	24	15	19	25
28	28	23	26	25	23	23	28	25	26
20	21	22	24	27	23	30	31	26	24
27	26	20	25	26	19	31	37	23	33
25	25	23	23	23	22	19	33	25	28
26	24	24	26	26	23	31	27	22	26
28	27	20	21	26	21	25	38	25	18
25	25	24	27	20	29	13	23	25	22
11	23	27	26	21	15	32	18	27	27
33	27	27	24	20	25	45	29	28	23
21	27	22	24	28	27	15	35	27	20
24	30	24	26	28	27	23	16	29	1
29	24	26	29	34	25	16	24	26	39
25	21	23	23	23	26	25	27	29	26
21	26	26	20	26	21	25	23	20	23
28	28	24	32	26	23	22	27	28	29



CONVERSIÓN A DE "IR" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	3.419 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.69
CLASIFICACIÓN DEL PSI	REGULAR

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.69
CONVERSIÓN A PCI	53.8
CLASIFICACIÓN DEL PCI	REGULAR

Del análisis realizado tanto para la calzada derecha e izquierda se obtuvo un IRI promedio de acuerdo al estado del pavimento, asi como se detalla en la Tabla 42.

Tabla 42

Resultados de la rugosidad obtenida con el MERLIN, avenida Municipal, calzada derecha e izquierda

Calzada Derecho			Calzada Izquierdo		
Progresiva	**Rugosidad (m/km)**	**Estado del Pavimento**	**Progresiva**	**Rugosidad (m/km)**	**Estado del Pavimento**
0+000 al 0+400	3,831	Regular	0+000 al 0+400	3,419	Regular
0+400 al 0+800	4,126	Regular	0+400 al 0+800	5,068	Malo
0+800 al 1+200	3,772	Regular	0+800 al 1+200	5,068	Malo
1+200 al 1+600	3,498	Regular	1+200 al 1+600	5,656	Malo
1+600 al 2+000	4,691	Malo	1+600 al 2+000	3,812	Regular
2+000 al 2+400	5,774	Malo	2+000 al 2+400	3,655	Regular
2+400al 2+800	5,656	Malo	2+400al 2+800	3,772	Regular
	4,478			4,350	

IRI promedio: 4,414 m/km

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Discusión de los resultados PCI

En el tramo 1, calzada derecho de la avenida Municipal, determinamos los resultados obtenidos del PCI por cada unidad de muestra, tal como se muestra en la Tabla 43, por lo que es necesario obtener un valor ponderado de todo el tramo, cuyo valor es igual a 18,92 %, al mismo tiempo también se determinó en muestras adicionales un valor del PCI llegando a 12,44 %, por lo que se determina un valor ponderado del tramo 1, que resulta igual a 13,64 % el cual califica el estado del pavimento, lo que resulta calzada derecho con una calificación del estado del pavimento *muy malo*.

Tabla 43

Resultados del PCI en el tramo 1, avenida Municipal

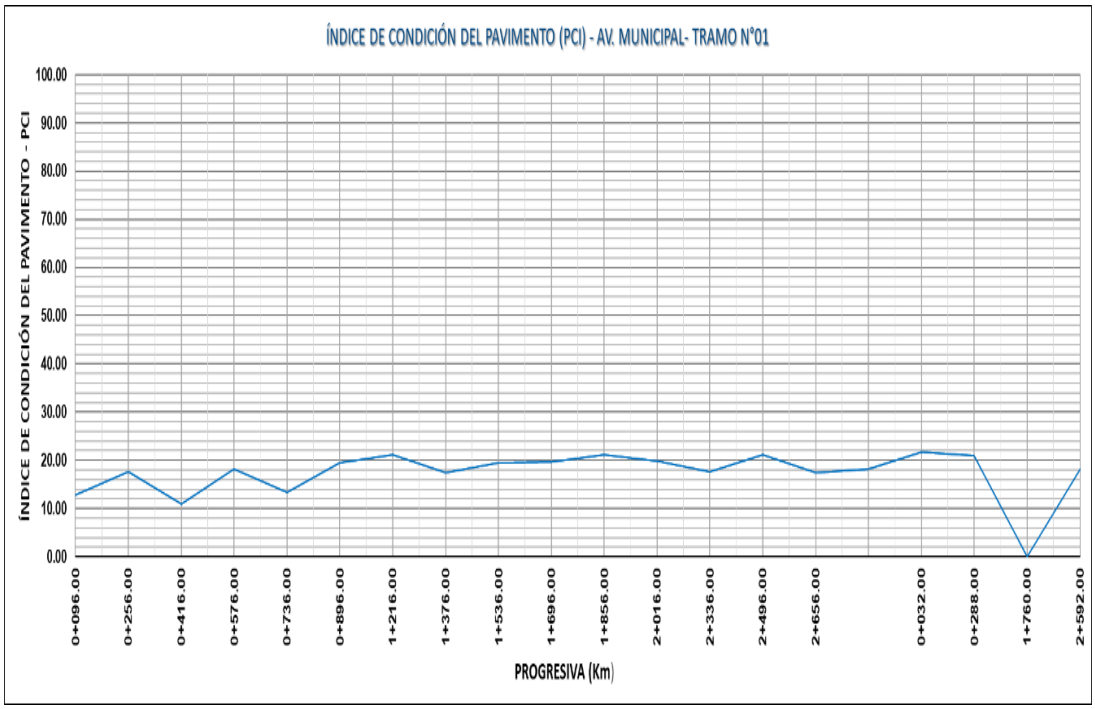
Sección	Unidad	Progresiva inicial (km)	Progresiva final (km)	Longitud (m)	PCI	Condición
Sección 1	U–03	0+064,00	0+096,00		12,77	muy malo
Sección 1	U–08	0+224,00	0+256,00		17,70	muy malo
Sección 1	U–13	0+384,00	0+416,00		10,98	muy malo
Sección 1	U–18	0+544,00	0+576,00		18,20	muy malo
Sección 1	U–23	0+704,00	0+736,00		13,38	muy malo
Sección 1	U–28	0+864,00	0+896,00		19,40	muy malo
Sección 1	U–33	1+024,00	1+056,00		21,20	muy malo
Sección 1	U–38	1+184,00	1+216,00	32,00	21,20	muy malo
Sección 1	U–43	1+344,00	1+376,00		17,40	muy malo
Sección 1	U–48	1+504,00	1+536,00		19,40	muy malo
Sección 1	U–53	1+664,00	1+696,00		19,70	muy malo
Sección 1	U–58	1+824,00	1+856,00		21,20	muy malo
Sección 1	U–63	1+984,00	2+16,00		19,90	muy malo
Sección 1	U–68	2+144,00	2+176,00		21,25	muy malo

Sección	Unidad	Progresiva inicial (km)	Progresiva final (km)	Longitud (m)	PCI	Condición
Sección 1	U–73	2+304,00	2+336,00		17,70	muy malo
Sección 1	U–83	2+624,00	2+656,00	32,00	17,40	muy malo
MUESTREO ADICIONAL					18,23	muy malo
Sección 1	U–1	0+000,00	0+032,00		21,74	muy malo
Sección 1	U–19	0+256,00	0+288,00		20,90	muy malo
Sección 1	U–55	1+728,00	1+760,00	32,00	0,00	fallado
Sección 1	U–81	2+560,00	2+592,00		18,10	muy malo
				PCI ponderado	9,05	fallado

De los resultados dados anteriormente se puede determinar gráficamente el comportamiento de los valores obtenidos del PCI, tal como se detalla en la Figura 24.

Figura 24

Comportamiento de los valores del PCI por progresivas en el tramo 1



En el tramo 2, calzada izquierda de la avenida Municipal, determinamos los resultados obtenidos del PCI por cada unidad de muestra, así como se muestra en la Tabla 44, por lo que es necesario obtener un valor ponderado de todo el tramo, cuyo valor es igual a 18,92 %, al mismo tiempo también se determino en muestras

adicionales un valor del PCI llegando a 5,95 %, por lo se debe determinar un valor ponderado que resulta igual a 12,44 % el cual califica el estado del pavimento, lo que resulta calzada izquierdo con una calificación del estado del pavimento *muy malo*.

Tabla 44

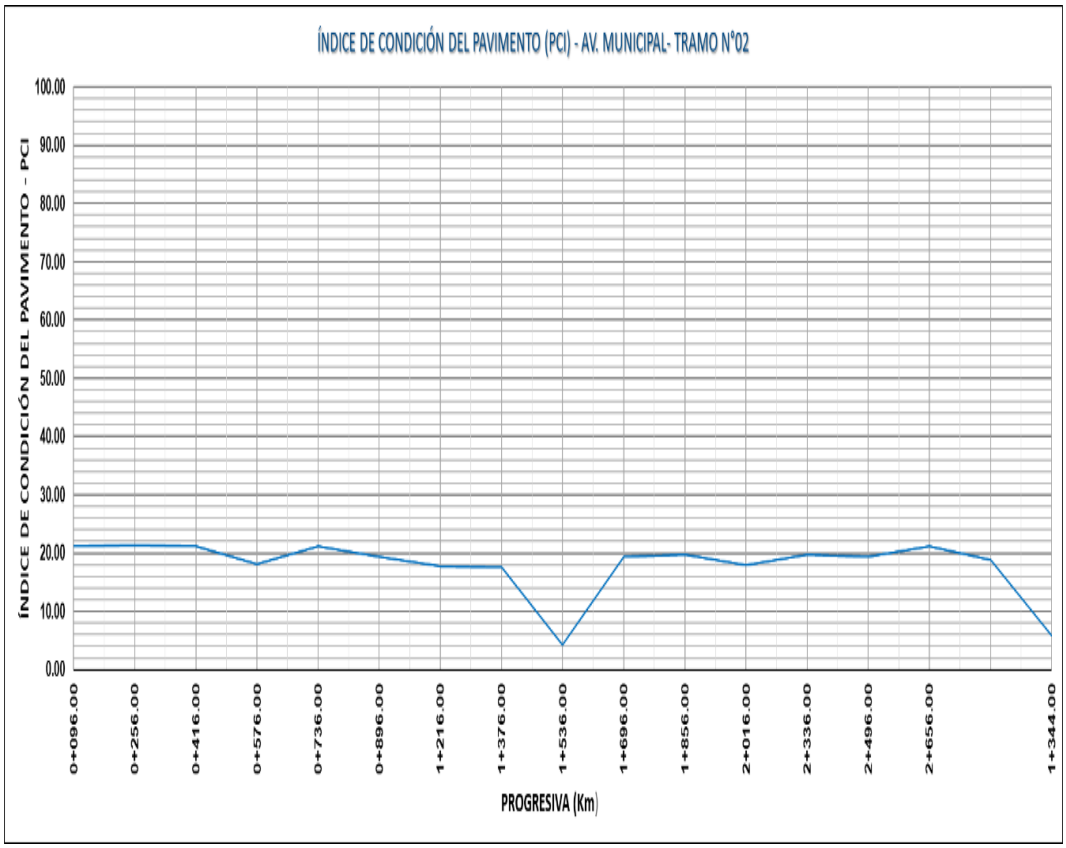
Resultados del PCI en el tramo 2, avenida Municipal

Sección	Unidad	Progresiva inicial (km)	Progresiva final (km)	Longitud (m)	PCI	Condición
Sección 02	U–03	0+064,00	0+096,00		21,20	muy malo
Sección 02	U–08	0+224,00	0+256,00		21,40	muy malo
Sección 02	U–13	0+384,00	0+416,00		21,20	muy malo
Sección 02	U–18	0+544,00	0+576,00		18,15	muy malo
Sección 02	U–23	0+704,00	0+736,00		21,20	muy malo
Sección 02	U–28	0+864,00	0+896,00		19,30	muy malo
Sección 02	U–33	1+024,00	1+056,00		21,20	muy malo
Sección 02	U–38	1+184,00	1+216,00		17,70	muy malo
Sección 02	U–43	1+344,00	1+376,00	32,00	17,50	muy malo
Sección 02	U–48	1+504,00	1+536,00		4,34	fallado
Sección 02	U–53	1+664,00	1+696,00		19,30	muy malo
Sección 02	U–58	1+824,00	1+856,00		19,70	muy malo
Sección 02	U–63	1+984,00	2+16,00		18,00	muy malo
Sección 02	U–68	2+144,00	2+176,00		21,20	muy malo
Sección 02	U–73	2+304,00	2+336,00		19,70	muy malo
Sección 02	U–78	2+464,00	2+496,00		19,40	muy malo
Sección 02	U–83	2+624,00	2+656,00		21,20	muy malo
MUESTREO ADICIONAL					18,92	muy malo
Sección 02	U–42	1+312,00	1+344,00	32,00	5,95	fallado
				PCI ponderado	12,44	muy malo

De los resultados obtenidos con anterioridad se determinó gráficamente el comportamiento de los valores obtenidos del PCI, tal como se detalla en la Figura 25.

Figura 25

Comportamiento de los valores del PCI por progresivas en el tramo 2



Finalmente, el resultado del PCI de toda la avenida Municipal, calzada derecha e izquierda es igual a 13,04 por lo tanto, califica el estado del pavimento como *muy malo*, cuyo valor hace necesario una intervención que consiste en una rehabilitación de la avenida Municipal.

5.2. Discusión de los resultados de la rugosidad obtenidos con el MERLIN

La evaluación realizada con el rugosímetro de MERLIN en la avenida Municipal del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, obtuvieron los siguientes resultados: Calzada derecho, IRI promedio igual a 4,478 m/km, calzada izquierdo, IRI promedio igual a 4,350 m/km, los valores determinados en los ensayos realizados nos permiten obtener un IRI promedio de las calzadas derecho e izquierdo, igual a 4,414 m/km; cuyo resultado nos permitirá calificar el estado del pavimento en toda la longitud de la avenida Municipal, estado del pavimento *regular*, así como se presenta en la Tabla 45.

Tabla 45

Resultados de la rugosidad obtenida con el MERLIN, avenida Municipal

Calzada derecha			Calzada izquierda		
Progresiva	**rugosidad (m/km)**	**Estado del pavimento**	**Progresiva**	**rugosidad (m/km)**	**Estado del pavimento**
0+000 al 0+400	3,831	Regular	0+000 al 0+400	3,419	Regular
0+400 al 0+800	4,126	Regular	0+400 al 0+800	5,068	Malo
0+800 al 1+200	3,772	Regular	0+800 al 1+200	5,068	Malo
1+200 al 1+600	3,498	Regular	1+200 al 1+600	5,656	Malo
1+600 al 2+000	4,691	Malo	1+600 al 2+000	3,812	Regular
2+000 al 2+400	5,774	Malo	2+000 al 2+400	3,655	Regular
2+400al 2+800	5,656	Malo	2+400al 2+800	3,772	Regular
	4,478			4,350	

IRI promedio: 4,414 m/km

Con la ayuda de la Tabla 46 se puede realizar la calificación del estado del pavimento en función del IRI calculado, para nuestro caso la evaluación de la avenida Municipal, califica un estado de pavimento *regular*.

Tabla 46

Calificación del estado del pavimento, en función del IRI

Pais	**Estado del Pavimento**		
	bueno	**regular**	**malo**
EE,UU,	< 2,4	2,4 - 4,7	> 4,7
CHILE	0 - 3,0	3,0 - 4,0	> 4,0
HONDURAS	< 3,5	3,5 - 6,0	> 6,0
URUGUAY	< 3,9	4,0 - 4,6	> 4,6
PERÚ	< 2,5	2,5 - 4,5	> 4,5

Nota. Tomado de Índices de medición de la regularidad de un pavimento. República del El Salvador: Ministerio de Obras Públicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano, por E. Alvarenga(2002).

Por otro lado, es posible determinar la serviciabilidad presente en la avenida Municipal, es decir la calidad de servicio que brinda en el momento determinado, se determina los valores del PSI, calculados en función del IRI y de acuerdo a los rangos de 0 – 5, así como se muestra en la Tabla 49, utilizando la formula de Williams Paterson, se obtiene en cada tramo de evaluación, finalmente conocer su ponderado para la calificación de la serviciabilidad.

De acuerdo a la serviciabilidad de la vía se obtuvieron las clasificaciones de entre mala a regular, siendo estas mejor detalladas en la Tabla 47.

Tabla 47

Resultados de la serviciabilidad calculada en función del IRI por tramo

calzada derecho			calzada izquierda		
Progresiva	**PSI**	**Serviciabilidad**	**Progresiva**	**PSI**	**Serviciabilidad**
0+000 al 0+400	2,49	Regular	0+000 al 0+400	2,69	Regular
0+400 al 0+800	2,36	Regular	0+400 al 0+800	1,99	Malo
0+800 al 1+200	2,52	Regular	0+800 al 1+200	1,99	Malo
1+200 al 1+600	2,65	Regular	1+200 al 1+600	1,79	Malo
1+600 al 2+000	2,13	Regular	1+600 al 2+000	2,50	Regular
2+000 al 2+400	1,75	Malo	2+000 al 2+400	2,57	Regular
2+400al 2+800	1,79	Malo	2+400al 2+800	2,52	Regular
	2,241			2,293	

Asi mismo con los datos obtenidos se determinó que la calificación de la serviciabilidad en la vía de estudio está calificada como regular, tal como se detalla en la Tabla 48.

Tabla 48

Cálculo de la calificación de la serviciabilidad en función del IRI ponderado

IRI	4,414	m/km
Conversión a PSI en función del IRI	2,240	
Clasificación del PSI	serviciabilidad regular	

Tabla 49

Calificación de la serviciabilidad

PSI	**Serviciabilidad**
0 – 1	muy mala
1 – 2	mala
2 – 3	regular
3 – 4	buena
4 - 5	muy buena

Nota. Tomado de Estudio del Indice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento, por J. Sachún Quispe (2016).

Finalmente, indicar que por la metodologia del PCI califica el estado del pavimento como *muy malo* y con la evaluación de la rugosidad con el MERLIN se obtiene valores que se encuentran para calificar el estado del pavimento entre *regular* y *malo*, por lo tanto se hace necesario realizar una intervención que consiste en una rehabilitación de la avenida Municipal a nivel de carpeta asfáltica para mejorar la serviciabilidad.

CONCLUSIONES

De la investigación realizada se ha determinado la rugosidad del pavimento flexible en la avenida Municipal, tramo: Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña del distrito Gregorio Albarracin Lanchipa, aplicando la metodología del rugosimetro de MERLIN donde se obtenieron valores del IRI igual a 4,414 m/km, calificando al pavimento como *regular*, Por otro lado, se evaluó y determinó la condición del pavimento utilizando la metodología del PCI, determinando como *muy malo*.

Se han determinado 14 unidades de muestreo mas 04 muestreos adicionales para el tramo 1 o calzada derecha, 14 unidades de muestreo mas 1 muestreo adicional para el tramo 2 o calzada izquierdo, utilizando la metodología del PCI. En el tramo 1, calzada derecha, determinamos los resultados del PCI un valor ponderado igual a 18,92 %, y de las muestras adicionales un valor del PCI llegando a 12,44 %, por lo que se determina un valor ponderado del tramo 1, que resulta igual a 13,64 %. En el tramo 2, calzada izquierda, determinamos los resultados del PCI un valor ponderado igual a 18,92 %, y de las muestras adicionales un valor del PCI llegando a 5,95%, por lo se debe determinar un valor ponderado que resulta igual a 12,44 %. Finalmente, el resultado del PCI de toda la avenida Municipal, calzada derecha e izquierda es igual a 13,04 % por lo tanto, califica el estado del pavimento como *muy malo*.

Se determinó el Indice de rugosidad internacional mediante el rugosimetro de MERLIN, en la avenida Municipal tramo: Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña del distrito Gregorio Albarracin Lanchipa, obteniéndose valores en la calzada derecha IRI promedio igual a 4,478 m/km, calzada izquierda IRI promedio igual a 4,350 m/km, finalmente nos permitieron obtener un IRI ponderado igual a 4,414 m/km, resultado que nos permitio calificar el pavimento flexible en toda la longitud de la avenida Municpal como *regular*.

Se determinó la serviciabilidad presente en la avenida Municipal tramo: Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña del distrito Gregorio Albarracin Lanchipa, en función del IRI calculado ,y utilizando la formula de Williams Paterson se obtuvo la calificación de la serviciabilidad *regular* muy cercano a la calfiicacion de la serviciabilidad *malo* por encontrase en 2,240 de PSI.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Gregorio Albarracin Lanchipa el uso de los valores determinados con el rugosimetro de MERLIN y los valores determinados con la metodología PCI, cuyos resultados determinan una intervención que consiste en una rehabilitación de la avenidad Municipal a nivel de carpeta asfáltica para mejorar la serviciabilidad.

Considerando los resultados obtenidos del PCI en la avenidad Municipal, nos permite recomendar a la Municipalidad Distrital Gregorio Albarracin Lanchipa incorpore dentro de su programa de inversiones, mantenimiento periódico para garantizar la seguridad y comodidad para los usuarios de la avenida.

Se recomienda el uso de los resultados – IRI - obtenidos con el rugosimetro de MERLIN, para programar planes de mantenimiento a nivel de carpeta asfáltica, por que su metodología y sus datos son confiables y aceptables por el Banco Mundial.

Se recomienda a las entidades competentes elaborar estudios de nivel de servicio en las vías urbanas de su jurisdicción para conocer la serviciabilidad presente, en el caso del presente estudio se recomienda a la Municipalidad Distrital Gregorio Albarracín Lanchipa utilizar los resultados para programar la rehabilitación de la avenida Municipal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almenara Cueto, C. (2015). *Aplicación de telefonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima.* Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6087/ALMENARA_CARLOS_APLICACION_TELEFONOS_INTELIGENTES_ANEXOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Alvarenga, E. (2002). *Indices de medición de la regularidad de un pavimento.* Republica del El Salvador: Ministerio de Obras Publicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano. Obtenido de https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf

Choque Palacios, J. A. (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial mtc en la evaluación superficial de pavimento flexible, tramo emp.pe-3s – Atuncolla - Puno: Universidad Nacional del Altiplano.* Obtenido de https://1library.co/document/zx5m3o4q-estudio-comparativo-conservacion-evaluacion-superficial-pavimento-flexible-atuncolla.html

Del Aguila, P. (1999). *Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad.* Merliner. Obtenido de https://israel-tecnico-qualidade.webnode.com/_files/200001107-1805f18fe9/Manual%20do%20Usuario%20-%20Merlin.pdf

Flores, H. (2016). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento rígido y condición operacional en la avenidad Perú del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho-2016.* Huamanga: Universidad Católica los Angeles Chimbote. Obtenido de http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/256

Junai Uddio, M. (2015). *Pavement performance measures using Android based Smartphone application.* India: Universidad de Osmania. Obtenido de https://www.academia.edu/15731760/Pavement_Performance_Measures_Using_Android_Based_Smart_Phone_Application

Montoya, J. (2013). *Analisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú.* Piura-Perú: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1967/MAS_ICIV-L_023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pari, L. (2010). *Estudio de la rugosidad en pavimentos asfálticos de la ciudad de Puno.* Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Pomasonco de la Cadena, R. C. (2010). *Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo Km. 110+000 al Km. 112+000.* Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de https://es.scribd.com/document/413966748/Tesis-Merlin

Sachún, J. (2016). *Estudio del Indice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento.* Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2548

Shahin, M. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots.* USA: Springer Science + Bussiness Media. LLC 2° Edición. Obtenido de http://dl1.wikitransport.ir/book/Pavement_Management_For_Airports_Roads_And_Parking_Lots_2005.pdf

Sologorre, J. (2005). *Evaluación de la rugosidad de Pavimentos con uso del BUMP Integrator.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de https://es.scribd.com/document/402670870/sologorre-hj-pdf

Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfalticos y de concreto en carreteras.* Manizales: INGEPAV. Obtenido de https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf

Vergara, A. (2015). *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay - Ingenio del KM 0+000 al KM 1+000, 2014.* Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/421/TCIV_29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zapata, A. (2017). *Determinación y evaluación d las patoogías del avimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro, distrito de Piura,*

provincia de Piura y departamento de Piura, noviembre 2017. Piura: Universidad Católica Los Angeles Chimbote. Obtenido de http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/8337

Anexo 1. PCI, U-8 -Tramo 1

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA SERVICIABILIDAD EN LA AV. MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUZCO - AV. BOHEMIA TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA-TACNA, 2019"

TRAMO :	**N° 01**	**SECCIÓN :**	**1**
UNIDAD DE MUESTREO :	**U - 8**		

ÁREA DE LA UNIDAD :	**230.40 m2**
FECHA :	**8/08/2021**

PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+224.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+256.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m

EVALUADOR :	**HUANCA GOMEZ, ROXANA**

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES									TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	H	3.5									3.50	1.52	10.84
11	PA	L	3.96									3.96	1.72	3.81
19	DA	H	222.94									222.94	96.76	78.31
													Total VD :	**92.96**

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **2.99**

Valor deducido más alto HDV : **78.31**

N°	VALORES DUDUCIDOS											VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.31	10.84	3.77									92.90	3	58.74
2	78.31	10.84	2.00									91.20	2	64.82
3	78.31	2.00	2.00									82.30	1	82.30
													Máx. VDC	**82.30**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC) = **17.70**

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Anexo 2. PCI, U-18 -Tramo 1

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA SERVICIABILIDAD EN LA AV. MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUZCO - AV. BOHEMIA TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA-TACNA, 2019"

TRAMO :	**N° 01**	**SECCIÓN :**	**1**
UNIDAD DE MUESTREO :	**U - 18**		

ÁREA DE LA UNIDAD :	**230.40 m2**
FECHA :	**8/08/2021**

PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+544.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+576.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m

EVALUADOR :	**HUANCA GOMEZ, ROXANA**

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	**L**
Media (Medium)	**M**
Alto (High)	**H**

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES									TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
10	GLT	M	5									5.00	2.17	5.93
11	PA	L	6.5									6.50	2.82	6.21
11	PA	M	9.64									9.64	4.18	20.52
19	DA	H	209.26									209.26	90.82	77.42
													Total VD :	**110.08**

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **3.07**

Valor deducido más alto HDV : **77.42**

N°	VALORES DUDUCIDOS											VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	77.42	20.52	6.21	0.41								104.60	3	65.53
2	77.42	20.52	2.00	0.41								100.40	2	71.01
3	77.42	2.00	2.00	0.41								81.80	1	81.80
													Máx. VDC	**81.80**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)

18.20

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Anexo 3. PCI, U-68 -Tramo 2

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA SERVICIABILIDAD EN LA AV. MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUZCO - AV. BOHEMIA TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA-TACNA, 2019"

TRAMO :	**N° 02**	**SECCIÓN :**	**2**
UNIDAD DE MUESTREO :	**U - 58**		

ÁREA DE LA UNIDAD :	**230.40 m2**
FECHA :	**8/08/2021**

PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+824.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+856.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m

EVALUADOR :	**HUANCA GOMEZ, ROXANA**

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	**L**
Media (Medium)	**M**
Alto (High)	**H**

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES									TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
11	PA	L	7.92									7.92	3.44	7.21
19	DA	H	222.48									222.48	96.56	78.28
													Total VD :	**85.50**

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **2.99**

Valor deducido más alto HDV : **78.28**

N°	VALORES DUDUCIDOS											VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.28	7.21										85.50	2	61.30
2	78.28	2.00										80.30	1	80.30
													Máx. VDC	**80.30**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC) = **19.70**

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Anexo 4. PCI, U-88 -Tramo 2

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA SERVICIABILIDAD EN LA AV. MUNICIPAL, TRAMO ÓVALO CUZCO - AV. BOHEMIA TACNEÑA, DISTRITO GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA-TACNA, 2019"

TRAMO :	**N° 02**	**SECCIÓN :**	**2**
UNIDAD DE MUESTREO :	**U - 68**		

ÁREA DE LA UNIDAD :	**230.40 m2**
FECHA :	**8/08/2021**

PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+144.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+176.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m

EVALUADOR :	**HUANCA GOMEZ, ROXANA**

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	**L**
Media (Medium)	**M**
Alto (High)	**H**

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES									TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
19	DA	H	230.4									230.40	100.00	78.80
													Total VD :	78.80

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **2.95**

Valor deducido más alto HDV : **78.80**

N°	VALORES DUDUCIDOS											VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	78.80											78.80	1	78.80
													Máx. VDC	78.80

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

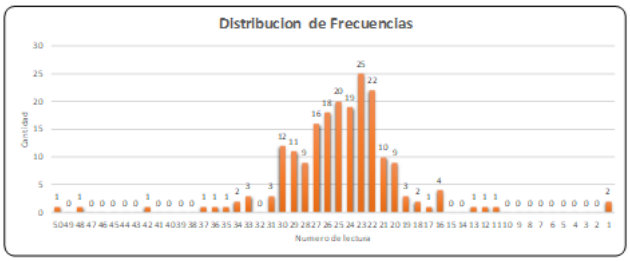
PCI = 100 - (Máx. VDC)

21.20

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: **MUY MALO**

Anexo 5. Cálculo de IRI Calzada Derecha, Progresiva Km 0+400,00 al km, 0+800,00- Tramo 1

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
24	13	18	29	27	21	23	26	22	23
27	25	37	31	24	28	23	26	27	24
26	16	23	22	29	25	28	27	29	28
24	30	30	20	21	23	23	30	30	26
25	35	22	23	28	25	25	21	50	24
23	30	25	17	22	21	27	22	42	26
23	25	22	21	28	29	26	28	29	20
24	34	24	28	12	24	23	23	33	25
26	21	29	26	31	24	23	26	30	22
23	33	24	27	48	30	23	25	29	22
22	25	22	21	1	25	20	22	26	25
16	23	24	27	30	19	26	22	31	22
26	23	27	19	23	22	24	24	28	23
24	23	22	22	1	23	23	24	26	25
30	16	24	20	27	27	26	25	24	27
23	20	27	18	21	29	27	25	22	23
30	30	25	25	33	29	25	36	26	22
24	26	30	26	29	27	27	29	24	20
28	16	22	25	11	21	26	23	20	22
20	19	20	34	27	23	25	22	21	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

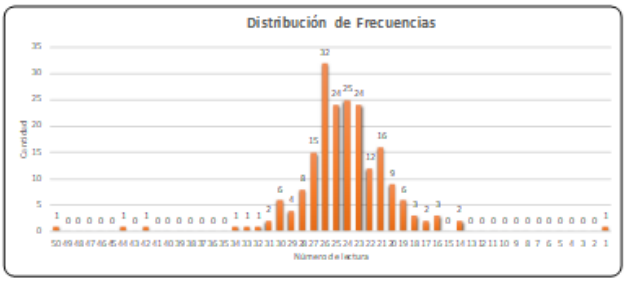


CONVERSIÓN A DE "IR" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL – IRI	4.126 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.36
CLASIFICACIÓN DEL PSI	**REGULAR**

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE – PSI	2.36
CONVERSIÓN A PCI	47.2
CLASIFICACIÓN DEL PCI	**REGULAR**

Anexo 6. Cálculo de IRI Calzada Derecha, Progresiva Km 1+200,00 al km, 1+600,00- Tramo 1

	LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
1	25	26	28	25	24	17	25	27	18	18
2	23	20	19	20	24	27	14	24	22	23
3	24	26	16	30	29	25	22	26	28	23
4	21	27	27	26	26	26	19	32	23	26
5	20	23	24	30	21	21	33	21	23	21
6	31	23	31	26	19	22	29	23	24	26
7	44	22	25	20	24	20	28	27	21	23
8	24	23	26	21	23	28	24	27	26	23
9	23	24	22	25	25	14	16	24	16	22
10	25	26	21	25	24	25	26	26	22	23
11	24	25	30	26	26	25	22	23	20	20
12	26	22	25	25	26	27	23	21	30	29
13	24	23	25	24	24	24	26	24	19	23
14	26	21	23	26	24	26	28	24	42	23
15	27	20	19	23	21	24	27	25	50	25
16	17	23	20	25	25	30	26	27	28	28
17	18	21	25	24	25	21	29	24	24	22
18	26	26	26	25	26	19	22	26	28	26
19	30	21	25	24	26	1	26	27	22	25
20	27	27	21	21	23	26	27	27	34	23
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

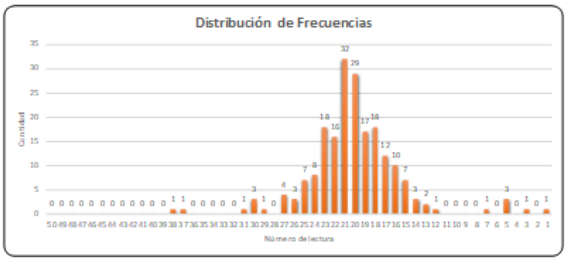


CONVERSIÓN A DE "IR" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	3.498 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.65
CLASIFICACIÓN DEL PSI	**REGULAR**

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.65
CONVERSIÓN A PCI	53
CLASIFICACIÓN DEL PCI	**REGULAR**

Anexo 7. Cálculo de IRI Calzada Izquierda, Progresiva Km 1+600,00 al km, 2+000,00-Tramo 02

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
23	19	24	19	30	1	26	21	21	21
21	27	17	19	20	37	17	18	23	18
22	23	23	21	18	16	20	20	22	17
21	16	23	15	21	20	19	20	17	21
21	20	21	18	22	18	19	23	18	21
23	25	19	16	14	16	21	22	25	3
24	29	16	18	23	16	25	23	18	5
22	31	22	17	24	16	14	23	18	24
21	22	25	20	20	20	5	21	21	27
23	20	15	18	21	17	19	19	15	17
23	25	25	18	21	21	20	20	22	16
21	38	23	15	26	22	23	19	20	18
21	30	14	5	18	21	20	20	20	23
21	19	20	7	17	22	23	21	21	15
24	24	26	20	12	21	21	18	21	20
17	22	20	18	22	24	19	22	20	22
24	27	27	21	20	23	13	19	16	21
17	21	21	18	18	22	15	19	20	25
13	15	20	20	19	23	21	20	16	19
17	30	19	22	17	20	18	20	19	20

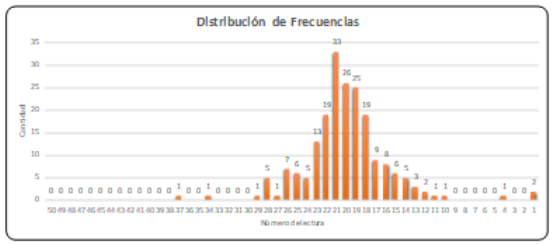


CONVERSIÓN A DE "IR" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	3.812 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.5
CLASIFICACIÓN DEL PSI	**REGULAR**

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.5
CONVERSIÓN A PCI	50
CLASIFICACIÓN DEL PCI	**REGULAR**

Anexo 8. Cálculo de IRI Calzada Izquierda, Progresiva Km 2+000,00 al km, 2+400,00-Tramo 2

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
20	18	28	21	20	23	23	21	20	28
19	18	18	19	21	24	22	25	16	18
19	21	20	21	26	22	29	22	17	21
18	15	23	20	15	23	19	20	4	15
20	23	19	21	14	22	26	18	18	19
16	24	23	18	14	25	22	16	12	20
24	21	22	21	34	26	20	22	17	21
20	19	18	22	18	20	26	20	27	18
13	19	20	21	19	37	25	20	21	20
19	21	21	19	21	13	12	14	22	20
18	1	22	22	24	13	14	20	19	18
18	20	21	22	23	23	21	21	21	20
19	20	17	22	10	18	23	23	21	17
17	17	19	21	26	23	19	19	17	20
21	19	18	16	16	25	21	21	20	19
21	16	19	20	18	1	22	22	21	23
21	19	18	26	11	15	22	22	25	22
15	28	20	24	26	20	19	19	19	21
21	21	20	23	19	17	21	21	21	16
16	18	25	14	17	22	19	28	28	15



CONVERSIÓN A DE "IR" A "PSI"	
ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL - IRI	3.655 m/Km
CONVERSIÓN A PSI	2.57
CLASIFICACIÓN DEL PSI	**REGULAR**

CONVERSIÓN A DE "PSI" A "PCI"	
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE - PSI	2.57
CONVERSIÓN A PCI	51.4
CLASIFICACIÓN DEL PCI	**REGULAR**

Anexo 9. Matriz de Consistencia

TÍTULO: "DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD Y EL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PARA LA SERVICIABILIDAD EN LA AV, MUNICIPAL, TRAMO: OVALO CUZCO – AV, BOHEMIA TACNEÑA – TACNA, 2020"

TESISTA: ROXANA BEATRIZ HUANCA GOMEZ

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES INDICADORES	METODOLOGÍA
1. INTERROGANTE PRINCIPAL ¿Cómo varia la rugosidad y el índice de condición de pavimento para la serviciabilidad optima en la Av, Municipal tramo Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña – Tacna, 2020? **2.** INTERROGANTES ESPECÍFICAS a) ¿Cuál será el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av, Municipal tramo Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa? b) ¿ Cuál sera el indice de condición del pavimento (PCI) de la av, Municipal tramo ovalo Cuzco- Av, Bohemia Tacneña Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa? c) ¿Qué posible relación de equivalencia de los resultados cualitativos existe entre el indice de rugosidad internacional (IRI) y el indice de condición del pavimento (PCI) para el analisis de grado de serviciabilidad de la av, Municipal tramo ovalo Cuzco- Av, Bohemia Tacneña Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa?,	1, OBJETIVO GENERAL Determinar la rugosidad y el indice de condición del pavimento para laserviciabilidad optima en la avMunicipal tramo ovalo cuzco- AvBohemia Tacneña – Tacna, 2020. 2, OBJETIVOS ESPECÍFICOS a) Determinar el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av, Municipal tramo ovalo Cuzco- Av, Bohemia Tacneña Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa b) Determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av, Municipal tramo óvalo Cuzco – Av, Bohemia tacneña distrito Gregorio Albarracin Lanchipa, c) Determinar la relación de equivalencia de los resultados cualitativos existe entre el índice de rugosidad internacional (IRI) y el índice de condición del pavimento (PCI) para el analisis de grado de serviciabilidad de la Av, Municipal tramo óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña distrito Gregorio Albarracin Lanchipa.	1, HIPÓTESIS GENERAL Es posible determinar la rugosidad y el índice de condición del pavimento para la serviciabilidad optima en la Av, Municipal tramo Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña – Tacna, 2020. 2, HIPÓTESIS ESPECÍFICAS a) Se puede determinar el índice de rugosidad internacional (IRI) de la Av, Municipal tramo övalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña distrito Gregorio Albarracin Lanchipa. b) Esposible determinar el índice de condición del pavimento (PCI) de la Av, Municipal tramo Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña distrito Gregorio Albarracin Lanchipa. c) Se puede determinar relación de equivalencia de los resultados cualitativos existe entre el índice de rugosidad internacional (IRI) y el índice de condición del pavimento (PCI) para el análisis de grado de serviciabilidad de la Av, Municipal tramo Óvalo Cuzco – Av, Bohemia Tacneña distrito Gregorio Albarracin Lanchipa.	Variable Dependiente(X) X1, Mejorar la serviciabilidad, Indicadores: ▪ Serviciabilidad, ▪ Calculo de la serviciabilidad mediante IRI. ▪ Pavimentos, tipos Variable Independiente(Y) Y1, Determinación de la Rugosidad y el Indice de Condición, Indicadores: ▪ Rugosidad de los pavimentos ▪ Índice internacional de rugosidad ▪ Escala y características del IRI ▪ Cálculo del índice de rugosidad ▪ Rugosímetro de MERLIN, ▪ Esquema de rugosímetro ▪ Método Pavement Condition Index (PCI), ▪ Tipos ▪ Severidad ▪ Extensión ▪ Calculo de los valores deducidos ▪ Calculo del número máximo admisible de valores deducidos (m), ▪ Determinación PCI de unidades de muestreo. ▪ Determinación PCI de sección	Tipo de Investigación - Aplicada con enfoque cuantitativa Diseño de la Investigación - Descriptiva exploratoria Muestra - Av, Miraflores, tramo: Av, Cuzco – Av, Gregorio Albarracín P oblación -Todas las calles y avenidas del distrito GAL Técnicas de Recolección de datos, - Observación, - Formato de campo - Uso del rugosímetro MERLIN - Metodología PCI Instrumentos - Ficha o formulario de observación. - Guías de observación y formatos de campo - Reportes del Rugosímetro de MERLIN, - Reportes del PCI