

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



TESIS

**“ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO
DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. ERICK JHON FLORES JARA

Bach. DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO

TACNA – PERÚ

2021

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

TESIS

**“ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL
RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA -
2020”**

Tesis sustentada y aprobada el 20 de abril del 2021, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : 
Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : 
Mag. PEDRO VALERIANO MAQUERA CRUZ

VOCAL : 
Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERON - JUAREZ

ASESOR : 
Mag. MARTIN PAUCARA ROJAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Erick Jhon Flores Jara; Dikver Gustavo Pilco Galindo, 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 75263916 y DNI 74142916.

Declaramos bajo juramento que:

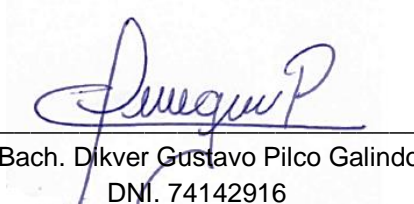
1. Somos autores de la tesis titulada: **“ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020”** la misma que presentamos para optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables 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; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 22 de abril del 2021


Bach. Erick Jhon Flores Jara
DNI. 75263916


Bach. Dikver Gustavo Pilco Galindo
DNI. 74142916

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedicamos a Dios que de la forma más inesperada nos acompañó en cada paso que dabamos.

A nuestros padres, que me nos han apoyado siempre.

y a nuestras familias por haber confiado en nosotros desde el principio, visorando grandes cosas en nuestro futuro.

AGRADECIMIENTO

Le agradecemos a Dios por cuidarnos y mantenernos la fe. Siempre estas presente y alegras nuestro corazón.

Gracias a todas las personas que hicieron posible para la culminación de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Justificación de la investigación	4
1.4 Objetivos de la investigación	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis.....	5
1.5.1 Hipótesis general.....	5
1.5.1 Hipótesis específicas	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Transitabilidad.....	12
2.2.2 Serviabilidad	12
2.2.3 Calculo de la serviabilidad y transitabilidad mediante el IRI	13
2.2.4 Calculo de la transitabilidad mediante el método VIZIR.....	14
2.2.5 Rugosidad.....	14

2.2.6 Causas posibles de la Rugosidad	14
2.2.7 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos.....	15
2.2.8 Importancia de la rugosidad en la superficie de rodadura en pavimentos para la circulación de vehículos.....	16
2.2.9 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	17
2.2.10 Escalas y características del IRI	17
2.2.11 Cálculo de la Rugosidad (IRI)	18
2.2.12 Rugosímetro MERLIN	19
2.2.13 Ventajas del rugosímetro de MERLIN	20
2.2.14 Modo de Uso	23
2.2.15 Calculo de la Rugosidad.....	25
2.3 Definición de términos básicos	26
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	28
3.1 Tipo y Diseño de la investigación	28
3.1.1 Diseño de la investigación	28
3.1.2 Tipo de investigación.....	28
3.2 Población y/o muestra de estudio.....	28
3.2.1 Población.....	28
3.2.2 Muestra	28
3.3 Operacionalización de variables	29
3.3.1 Variable dependiente:	29
3.3.2 Variable Independiente:.....	29
3.3.3 Operatividad de las variables	30
3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	31
3.4.1 Técnicas	31
3.4.2 Instrumentos	31
3.5 Procesamiento y análisis de datos	31
CAPITULO IV: RESULTADOS	33
4.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN.....	33
CAPITULO V: DISCUSIÓN	65
5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR RUGOSIDAD UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN	65

CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	72
ANEXO 1	73
ANEXO 2	74
ANEXO 3	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Escala estándar empleada por el Banco Mundial para clasificar los caminos según su IRI.....	17
Figura 2: Límites de velocidades según el tipo de pavimento.....	18
Figura 3: . Metodología para la determinación de la rugosidad, uso del Rugosímetro Merlin	19
Figura 4: Detalles del instrumento MERLIN	20
Figura 5: Detalles del instrumento MERLIN	20
Figura 6: . Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la curda promedio AB.....	22
Figura 7: . Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento	23
Figura 8: Formato para recolección de datos de campo	24
Figura 9: . Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.	25
Figura 10: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 01	33
Figura 11: Distribución de frecuencias, tramo 01.	33
Figura 12: Resultado del cálculo de rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 1. ...	34
Figura 13: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 02	35
Figura 14: Distribución de frecuencias, tramo 02.	35
Figura 15: Resultado del cálculo de rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 2 ...	36
Figura 16: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 03	37
Figura 17: Distribución de frecuencias, tramo 03.	37

Figura 18: Resultado del cálculo de rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 3 ...	38
Figura 19: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 04	39
Figura 20: Distribución de frecuencias, tramo 04	39
Figura 21: . Resultado del cálculo de rugosidad, tramo I, ensayo 4	40
Figura 22: . Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 05	41
Figura 23: Distribución de frecuencias, tramo 05.	41
Figura 24: Resultado del cálculo de rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 5 ...	42
Figura 25: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 06	43
Figura 26: Distribución de frecuencias, tramo 06.	43
Figura 27: Resultado del cálculo de rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 6 ...	44
Figura 28: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 07	45
Figura 29: Distribución de frecuencias, tramo 07	45
Figura 30: Resultado del cálculo de rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 7 ...	46
Figura 31: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 08	47
Figura 32: Distribución de frecuencias, tramo 08	47
Figura 33: Resultado del cálculo de rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 8 ...	48
Figura 34: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 01	49
Figura 35: Distribución de frecuencias, tramo 01	49
Figura 36: Resultado del cálculo de rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 1	50
Figura 37: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 02	51

Figura 38: Distribución de frecuencias, tramo 02	51
Figura 39: Resultado del cálculo de rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 2	52
Figura 40: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 03	53
Figura 41: Distribución de frecuencias, tramo 03	53
Figura 42: Resultado del cálculo de rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 3	54
Figura 43: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 04	55
Figura 44: Distribución de frecuencias, tramo 04.	55
Figura 45: Resultado del cálculo de rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 4	56
Figura 46: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 05	57
Figura 47: Distribución de frecuencias, tramo 05	57
Figura 48: Resultado del cálculo de la rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 5	58
Figura 49: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 06	59
Figura 50: Distribución de frecuencias, tramo 06	59
Figura 51: Resultado del cálculo de la rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 6	60
Figura 52: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 07	61
Figura 53: Distribución de frecuencias, tramo 07	61
Figura 54: Resultado del cálculo de la rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 7	62
Figura 55: Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 08	63
Figura 56: Distribución de frecuencias, tramo 08	63
Figura 57: Resultado del cálculo de la rugosidad MERLIN, tramo II, ensayo 8	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de índice de serviciabilidad.	13
Tabla 2: Transitabilidad mediante el IRI	13
Tabla 3: Valores de IRI (m/km) utilizados internacionalmente	18
Tabla 4: Operacionalización de las variables.....	30
Tabla 5: Resumen de resultados de la rugosidad.....	65
Tabla 6: Estado del pavimento	65
Table 7: Resultados de IRI promedio.....	66
Tabla 8: Calificación de la transitabilidad.	67
Tabla 9: Resultados de Transitabilidad.....	67

RESUMEN

El presente trabajo de tesis realiza una evaluación funcional y superficial en el pavimento asfáltico de la avenida Gustavo Pinto en toda su longitud, el tramo evaluado tiene la longitud aproximada de 3 330.00 metros y un ancho de calzada variable de 6.60 a 7.20 metros.

El objetivo de la investigación es determinar el análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de MERLIN en la avenida Gustavo Pinto, Tacna – 2020, 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 el análisis funcional, considerando un diseño descriptivo - exploratorio, determinándose la rugosidad en el carril derecho IRI igual a 4.38 m/km con una calificación estado de pavimento REGULAR y en el carril izquierdo igual a 5.71 m/km con una calificación del estado de pavimento MALO, por lo que utilizando el ponderado de los resultados se obtiene un IRI igual a 5.05 m/km con lo que calificamos toda la avenida Gustavo Pinto, estado del pavimento MALO. Para definir la transitabilidad se calcula el PSI utilizando la ecuación de William Paterson, D. Dejusin y A. Arroyo, cuyo resultado obtenido es igual a 1.987, por lo tanto califica como TRANSITABILIDAD MALA.

Se concluye que de acuerdo al análisis funcional del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN, se determina que la rugosidad ayuda a clasificar el estado del pavimento como MALO, por lo que el pavimento tiene problemas de transitabilidad, los resultados de la rugosidad de ambos carriles, considerando su promedio obtenido del IRI, califica el estado de pavimento y la transitabilidad, como pavimento **malo** y la transitabilidad **mala**.

Palabras Claves: Transitabilidad, Nivel de serviciabilidad, Falla, Rugosímetro de MERLIN, Superficie de Rodadura, confort.

ABSTRACT

The present thesis work carries out a functional and superficial evaluation of the asphalt pavement of Gustavo Pinto avenue throughout its length, the evaluated section has an approximate length of 3 330.00 meters and a variable road width of 6.60 to 7.20 meters.

The objective of the research is to determine the functional analysis of the flexible pavement to improve vehicular trafficability, using the MERLIN roughness meter on Gustavo Pinto avenue, Tacna - 2020, the research is Applied with a quantitative approach, because it seeks to generate knowledge with direct application to problems, with the sole objective of expanding knowledge through functional analysis, considering a descriptive-exploratory design, determining the roughness in the right IRI lane equal to 4.38 m / km with a REGULAR pavement condition rating and in the left lane equal to 5.71 m / km with a rating of BAD pavement status, so using the weighted results we obtain an IRI equal to 5.05 m / km with which we rate the entire Gustavo Pinto avenue, state of the pavement BAD. To define walkability, the PSI is calculated using the William Paterson, D.Dejusin y A. Arroyo equation and, the result of which is equal to 1.987, therefore it qualifies as POOR TRAFFICABILITY.

It is concluded that according to the functional analysis of the flexible pavement using the MERLIN roughness meter, it is determined that the roughness helps to qualify the state of the pavement as BAD, so that the pavement has passability problems, the results of the roughness of both lanes Considering its average obtained from the IRI, it classifies the state of the pavement and the passability, as bad pavement and poor passability.

Keywords: Walkability, Serviceability level, Failure, MERLIN Roughness Meter, Tread Surface, Comfort.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, las practicas de gestión vial esta tomando relevancia debido al crecimiento de las concesiones viales, asociaciones publico - privadas y contratos de mantenimiento de vías, los indicadores principales como el IRI, se emplean para medir la serviciabilidad o transitabilidad. La importancia de conocer el análisis funcional del pavimento flexible sirve para mejorar la transitabilidad en la avenida Gustavo Pinto, contando con un plan de rehabilitación, conservación y reconstrucción, que pueda brindar a los conductores seguridad y confort en la vía investigada. El análisis nace porque sirven de conectividad hacia el centro cívico, hacia los centros comerciales 28 de Julio, Tupac Amaru, coronel mendoza, Polvos Rosados y Bolognesi, tambien se interconecta el C.P. La Natividad con los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, tiene una longitud aproximada de 3 330.00 m y una sección variable de 6.60 a 7.20 metros la calzada.

Mediante el análisis funcional de la superficie de rodadura, se identifica el índice de rugosidad internacional, analizando los carriles presentes utilizando el rugosimetro de MERLIN para determinar el valor del IRI de ambos carriles y calcular el IRI ponderado, que nos ayuda para calcular el PSI, finalmente determinar la transitabilidad de la vía investigada.

Conociendo las condiciones superficiales en que se encuentra el pavimento flexible, se propone alternativas de tratamiento como la rehabilitación y la reconstrucción en función a los resultados de la rugosidad internacional.

El trabajo de investigación está estructurado en 5 capítulos, en el primer capítulo identificamos la formulación del problema, los objetivos y la hipótesis; en el segundo capítulo, el marco teórico, donde se presentan los antecedentes, la base teórica y la definición de términos; en el tercer capítulo, la metodología de la investigación, donde se detalla el tipo y nivel de investigación, la población y muestra de estudio; cuarto capítulo, presentación de los resultados, análisis e interpretación, finalmente en el capítulo quinto la discusión acerca de los resultados obtenidos.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Actualmente a medida que las vías son utilizadas por el transporte de personas y carga desde el distrito capital de Tacna, pasando por los centros comerciales de toda la avenida Gustavo Pinto, iniciando desde la avenida Tarapacá, CPM de la Natividad, hacia los distritos de Alto de la Alianza, y Ciudad Nueva, donde las vías van presentando daños, si las vías no presentan el mantenimiento adecuado, el deterioro del pavimento puede alcanzar niveles altos que pueden requerir su reconstrucción en periodos cortos con relación a la de su vida útil.

Tacna, viene experimentando un crecimiento poblacional acelerado por lo que las vías son utilizadas para el transporte de personas y carga, la presencia de vehiculos en la comunicación de la ciudad de Tacna con el distrito de Alto de la Alianza y el distrito de Ciudad Nueva, cada vez se ve incrementado el flujo de vehículos que circulan por esta vía, el incremento de atoros y aniegos que van debilitando la carpeta asfáltica, lo que reduce su vida útil incrementando la aparición de patologías en la vía, por lo que la demanda de la transitabilidad en la avenida Gustavo pinto es cada vez mayor, haciéndose necesario estudiar los sistemas viales existentes.

La infraestructura vial es muy importante en el desarrollo socio económico de las regiones, también el transporte es un elemento de influencia en la economía de un país, ya sean en las zonas urbanas y rurales. Por lo indicado es necesario proyectar un programa de proyectos viales, un buen diseño y correcta ejecución en la instalación de pavimentos, sin embargo, no se garantiza que no existan molestias y problemas en la circulación, si no se realiza un adecuado mantenimiento de las calles y carreteras.

La rugosidad en pavimentos influye en el nivel de comodidad y tiempo de transporte, además de incrementar los costos de operaciones del vehículo y costos de mantenimiento de la vía, es por ello que se exigen pruebas de control para medir la rugosidad en pavimentos.

Para medir el Índice de Rugosidad Internacional en pavimentos, hoy en día hay variedad de equipos, una de las más recientes e innovadoras es la aplicación del Roadroid para smartphones, esta aplicación nos facilita para hallar el valor del IRI en pavimentos.

Se observa que el pavimento de la avenida en estudio tiene daños considerables en ciertos tramos, por lo que identificarlos será uno de los objetivos de la presente investigación, para conocer finalmente la transitabilidad, por no conocerse con exactitud, para ello utilizaremos el rugosímetro de MERLIN.

Por otro lado, tenemos un método tradicional – Rugosímetro de MERLIN para determinar el valor de IRI en la Av. Gustavo Pinto, en una longitud horizontal de 3 330 m., método utilizado actualmente como efectivo en la obtención de los valores IRI para la evaluación de la transitabilidad.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo el análisis funcional del pavimento flexible mejora la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de MERLIN en la Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los resultados del análisis funcional del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto?
- b) ¿Cómo se determina el análisis funcional del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto?
- c) ¿De qué manera el Índice de Rugosidad Internacional calculado determina la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto?

1.3 Justificación de la investigación

El proyecto de investigación materia de estudio se basa en la determinación, evaluación y análisis para conocer el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), mediante el uso de un método tradicional que es el Rugosímetro de MERLIN, la avenida Gustavo Pinto forma parte del eje comercial de la ciudad de Tacna, por el cual transitan vehículos de transporte público y privado ligero en su mayoría, la vía está formada por una doble calzada de ida y vuelta de 7.20 m. de ancho por cada calzada, a partir de la Av. Industrial hasta la Av. Jorge Basadre Grohmann que corresponde a la zona comercial de Polvos Rosados es variable en las dimensiones de la calzada, manteniendo las dimensiones de carril de 3.60 m.

Considerando que en la ciudad de Tacna se observa que los pavimentos ejecutados muestran irregularidad en su proceso constructivo para lo cual influye en la comodidad y el tiempo de transporte, por lo que puede incrementar los costos de mantenimiento y operación vehicular en pavimentos.

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), es necesario e indispensable para realizar el mantenimiento de calles y carreteras, por eso es necesario calcular y determinar el estado de las redes viales en la ciudad de Tacna, cuya información recibida de campo a través de equipos convenientes como es el caso de la aplicación del Rugosímetro de MERLIN, un instrumento versátil y económico. En la medida que los resultados de esta investigación estén a la disposición de la sociedad, los primeros beneficiados serán los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, debido a que tendrán a disposición este material para próximas ideas de investigación y como material de consulta, asimismo para los ingenieros civiles que tendrán información de procedimientos de evaluación de la calidad del pavimento. También se beneficiará a la sociedad con esta investigación, porque permitirá conocer el estado de las calles y carreteras de manera más eficiente y los usuarios podrán transitar con mayor comodidad y confort.

La gran variedad de equipos existentes en el mercado, para la medición de la rugosidad de una carretera, ofrecen resultados óptimos a un alto costo, debido al alto costo de los equipos para la operación, por lo que se hace recomendable el uso del Rugosímetro de MERLIN.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar el análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de MERLIN en la Av. Gustavo Pinto, Tacna – 2020.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Identificar los resultados del análisis funcional del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto.
- b) Determinar el Índice de Rugosidad Internacional, para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto.
- c) Determinar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto, mediante el Índice de Rugosidad Internacional calculado.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

El análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de MERLIN en la Av. Gustavo Pinto, Tacna – 2020, influye negativamente.

1.5.1 Hipótesis específicas

- a) Los resultados del análisis funcional del pavimento flexible, influyen negativamente, para la mejora de la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto, son deficientes.
- b) El Índice de Rugosidad Internacional, influye negativamente, para la mejora de la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto, indica un gran deterioro.

- c) La determinación de la transitabilidad vehicular, mediante el IRI calculado en la Av. Gustavo Pinto, permitirá caracterizar el tipo de intervención necesario.

CAPITULO 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. Tesis desarrollado para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería de la Universidad de Osmania de la India, 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, donde indica que la rugosidad es un importante indicador de la condición del pavimento, los cuales deben ser considerados cuidadosamente al evaluar pavimentos nuevos; puesto que al realizar ensayos con velocidades por debajo de los 20 km/h los datos que proporciona el teléfono inteligente basado en un Android ya no son confiables.

Llegando a la conclusión de que la longitud para hallar el IRI promedio debe ser cada 100m, además concluyó que manejar el vehículo a una velocidad constante de 50 km/h es adecuada para la obtención del IRI. (Junai Uddio, 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. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Católica los Ángeles Chimbote, sostiene que analizó la determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional en la avenida Perú del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, cuyo objetivo principal fue determinar el índice de integridad estructural y así tener la condición operacional de la superficie del pavimento, a través de la evaluación de patologías presentadas en la vía, para lo cual se basó en investigaciones nacionales e internacionales relacionadas a la presente investigación, todo ello aportó para dar solución a la problemática de la investigación. Finalmente se concluyó que la avenida Perú presentó un índice de integridad estructural de 14, la misma que según los rangos de condición operacional, nos muestra un pavimento en estado 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. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Católica los Ángeles Chimbote, que tiene como finalidad la evaluación y la determinación de las incidencias de las patologías existentes en el pavimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro del distrito de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura, la cual permitirá obtener un índice de condición y estado actual del pavimento. Para la determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la calle Lima el área de estudio a evaluar se dividió en 21 unidades de muestreo cada una con un área de 228.6 m². Dichas unidades de muestreo fueron evaluadas mediante el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), donde se realizó un estudio visual descriptivo para identificar cada tipo de patologías presente en el pavimento, teniendo en cuenta el área afectada y grado de severidad. Obtuvo como resultado un valor de 56.14 con una clasificación de pavimento en buen estado. Y la patología más predominante en el pavimento flexible es pulimento de agregados, que tiene una severidad leve en la afectación al deterioro del pavimento. (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. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional del Centro del Perú, en este trabajo se presenta la aplicación de una metodología de inspección visual de calificación de estado del pavimento. Esta es la metodología PCI (Índice de Condición del Pavimento) quizás la más recomendada por su objetividad, un kilómetro de carretera ha sido estudiado a detalle con dicha metodología para calificar el estado de la vía. De acuerdo al análisis podemos determinar el estado real del pavimento, las fallas más perjudiciales para dicho estado y teniendo el valor del PCI es posible determinar el tipo de mantenimiento y rehabilitación (M&R) menos costoso y más eficiente, con eso el pavimento lograría un buen estado, para brindar comodidad y seguridad a los usuarios que es su principal función.

Se inspeccionaron un total de 28 unidades de muestra y los resultados expresados en porcentajes son: el 36% de las unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento malo (PCI entre 25 y 40); el 32% de unidades presentan un estado regular de pavimento (PCI entre 40y 55); un 25% se encuentra en estado muy malo (PCI entre 10 y 25) y un 7% de unidades en buen estado (PCI entre 55 y 70). Tomando todas las unidades de muestra calculamos el PCI promedio del Km 0+000 al Km 1+000 del tramo Quichuay – Ingenio, resultando igual a 35 y según la escala del índice, los 1000

ml se encuentra en un estado malo, este resultado nos ayudará a determinar el tipo de mantenimiento y rehabilitación que se aplicará a dicho 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. Tesis desarrollado para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Pontificia Universidad Católica del Perú, sostiene que se evaluó la rugosidad de la vía expresa en Lima utilizando la aplicación Roadroid, donde se analizó si la variación de la velocidad al momento del muestreo afecta los resultados obtenidos del IRI.

En esta tesis se ha concluido que el Roadroid se presenta como una alternativa muy favorable para la gestión vial, pues permite llevar un control de variación de la rugosidad en el tiempo que podrá ayudar a la toma de decisiones de cuándo y dónde intervenir una vía. Por otro lado se concluyó que las velocidades mayores a 60km/h son recomendables para realizar los ensayos ya que a esta velocidad los datos obtenidos se acercan más al IRI real de la carretera. (Almenara Cueto, 2015)

La tesis “Estudio de la rugosidad en pavimentos asfálticos de la ciudad de Puno”, desarrollado por Pari Luque en el año 2010. Tesis desarrollado para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional del Altiplano, sostiene que la investigación se focaliza en el estudio de la rugosidad de la superficie de rodadura asociado con los cambios en la serviciabilidad de los pavimentos, utilizando el Equipo de Rugosímetro de MERLÍN, donde hace el estudio respectivo en las principales vías de la ciudad de Puno conformado por: Av circunvalación, Av. El Ejército, Av. El Sol, Av. Floral, salida a desaguadero (panamericana sur) y salida a Juliaca (panamericano norte) las cuales presentan superficies de concreto asfáltico.

Donde da a conocer la importancia del IRI para el mantenimiento respectivo de las principales vías de la ciudad de Puno, debido a la presencia de irregularidad en la superficie de rodadura, propios de un inadecuado proceso constructivo.

Al realizar el ensayo respectivo con el rugosímetro de MERLIN, nos informa sobre los valores correspondientes del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) para las vías evaluadas en la ciudad de Puno conformado por: Av Circunvalación, Av. El Ejército, Av. El Sol, Av. Floral, salida a desaguadero (panamericana sur) y salida a Juliaca (panamericano norte), las cuales son luego correlacionadas con la Serviciabilidad y de esta manera determinar la transitabilidad actual de las principales vías de la ciudad de Puno. (Pari Luque, 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. Tesis desarrollado

para obtener el grado académico de Maestro en ingeniería por la Universidad de Piura, sostiene que el análisis del IRI en un proyecto, a partir del cual se propone un mecanismo para la determinación de tolerancias en el control de la rugosidad establecida en los contratos de las concesiones viales.

Para tal objetivo, se planteó como estrategia, relacionar el IRI de diseño de la vía con los datos geométricos de la misma.

Llegando a la conclusión de que el conocer la verdadera relación entre los valores de IRI de diseño y la geometría de la vía, nos ayudará a mejorar la lógica en el establecimiento de las exigencias técnicas en los términos de referencia de futuras concesiones viales y expedientes técnicos para caminos nuevos pavimentados. (Montoya Goicochea, 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. Tesis desarrollado para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Ingeniería, sostiene que tiene como base la obtención del IRI (Índice de rugosidad internacional), lo cual permitirá calcular la condición de uso de la vía (PSI) y con este valor obtendremos la adjetivación de la calidad de servicio que brinda, es decir, la transitabilidad.

También plantea la necesidad de tomar la transitabilidad como un indicador que permita relacionarse con las acciones de conservación y rehabilitación de la vía y su eficacia en el tiempo.

El problema planteado en esta tesis es obtener una variable de evaluación de la transitabilidad representativa para el tipo de vía en estudio. Se planteará el uso del IRI para esta evaluación, siendo el IRI un indicador que se relaciona más con el confort de la vía, y la transitabilidad se refiere a la capacidad de la vía para estar operativa.

Por este motivo se analizarán dos métodos con los cuales obtendremos la caracterización del tramo asignado, obteniendo resultados que evidencien el estado de transitabilidad de la vía.

Finalmente se obtendrán los resultados de la evaluación con ambos métodos y concluiremos los beneficios de cada uno de ellos respecto al tipo de vía en estudio.

Con estos resultados se busca dar a conocer metodologías que se ajusten mejor a las diversas condiciones y realidades en que se encuentran nuestras carreteras en nuestro país y así poder aplicarlos. (Pomasonco de la Cadena, 2010)

Antecedentes de la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional con el Rugosímetro de MERLIN

La regularidad es la característica que más influye en las sensaciones de confort y seguridad que experimenta un usuario al circular por una carretera. Cabe destacar que la regularidad superficial es mucho más valorada por el conductor que la capacidad portante en sí y que esta última tan sólo le interesa en cuanto incide en la primera por la aparición de baches y otras deformaciones. (Sanchez, 1989)

La gran variedad de equipos utilizados para medir la regularidad superficial y los numerosos índices y escalas existentes para establecer los criterios de aceptación de la funcionalidad de una carretera, llevaron a considerar la conveniencia de adoptar un "índice único". Debido a que cada país contaba con un equipo propio, no se podía imponer un solo equipo a todos y tampoco se podía cortar las futuras mejoras de los equipos existentes o el desarrollo de nuevos equipos. (Arriaga Patiño, 1998)

En 1982, el Banco Mundial inició un experimento en Brasil para establecer correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad. Se observó que los valores de los equipos de medición de la rugosidad superficial existentes es posible relacionarlos. Una vez establecido este punto, uno de los objetivos de las investigaciones fue encontrar un índice de referencia al que posteriormente se denominó "Índice Internacional de Rugosidad". (Sayers T. , 1982)

EL Índice Internacional de Rugosidad es el primer índice de perfil ampliamente utilizado, donde el método de análisis está adaptado para trabajar con diferentes tipos de equipos de medición de rugosidad y se puede decir que es una propiedad del perfil de un camino. Las ecuaciones de análisis fueron desarrolladas y ensayadas para minimizar los efectos de algunos parámetros de mediciones de perfil, tales como el intervalo de muestreo. (Mellis, 1992)

El cálculo del Índice Internacional de Rugosidad se basa en un modelo matemático llamado Cuarto de Carro (Quarter-Car). El sistema del Cuarto deCarro calcula la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico simulado como una respuesta similar a la que tuviera el pasajero, Los desplazamientos de la suspensión del modelo son acumulados y divididos entre la distancia corrida para dar el Índice Internacional de Rugosidad, en unidades de m/km. (Sayers M. W., 1989)

El impacto económico del estado superficial de los pavimentos sobre la economía del transporte ha sido reconocido sobre la economía del transporte ha sido reconocido a todos los niveles de las estructuras sociales y productivas de las naciones. Por esta razón, instituciones financieras internacionales, tales como el Banco Mundial, apoyado proyectos para el establecimiento de políticas efectivas de conservación de la infraestructura vial terrestre. (Sayers M. , 1990)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Transitabilidad

El concepto de "transitabilidad" en el Perú define una situación de "disponibilidad de uso". Demuestra que una carretera específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido cerrada al tránsito público por causas de "emergencias viales" que la hubieran cortado en algún o en algunos lugares del recorrido, como consecuencia de deterioros mayores causados por fuerzas de la naturaleza, tales como deslizamientos de materiales saturados de agua ("huaicos"), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc. por ejemplo. Este tipo de problemas, es el que causa mayor impacto en la vida de las poblaciones del país y ocurre mayormente en periodos de lluvias. (Pomasonco de la Cadena, 2010)

2.2.2 Serviciabilidad

La serviciabilidad es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento.

La medición de la calidad de un pavimento presenta una dificultad conceptual porque depende de la evaluación que se realice, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición funcional de su superficie. Aunque este se tenga resuelto, si no se utilizan herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no serán comparables con las mediciones hechas.

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en

1957. Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor. (Pomasonco de la Cadena, 2010)

Tabla 1

Escala de índice de serviciabilidad.

Indice de Servicialidad	Calidad
5	
4	Muy Buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pesima

Nota: Guía AASHTO

2.2.3 Calculo de la serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI

Es necesario obtener los datos de campo para un tramo de estudio de acuerdo a los intervalos de desviaciones, luego se procede al cálculo del rango "D" para apreciar la distribución de las frecuencias de las lecturas obtenidas y aplicar el factor de corrección correspondiente a la calibración del equipo. (Sologorre Huayta, 2005)

Tabla 2

Transitabilidad mediante el IRI

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

Nota: (Sachún, 2016)

2.2.4 Calculo de la transitabilidad mediante el método VIZIR

Se muestra el resumen de los deterioros registrados durante la salidad de campo en el tramo asignado, donde es muy importante el registro del tipo de falla, gravedad y extensión, factores que son considerados en el inventario. Se dividen en la toma de información en sub tramos de 100 metros cada uno. (Sachún, 2016)

2.2.5 Rugosidad

Se define como las irregularidades en la superficie del pavimento, la cual tiene un efecto directo en el deterioro de las calles y carreteras y en los usuarios, además afecta adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costo de operación del vehículo.

El Banco Mundial propuso una medida de la rugosidad denominada el índice de rugosidad internacional (IRI), cuyo rango va de 0 (un pavimento ideal, sin ninguna imperfección) hasta 12 (una carretera completamente intransitable) normalmente. Este parámetro, ampliamente usado, permite medir la rugosidad superficial de los pavimentos a partir de la sumatoria, en valor absoluto, de los desplazamientos verticales a lo largo de un tramo, dividido entre la longitud del mismo.

2.2.6 Causas posibles de la Rugosidad

Las irregularidades en la capa de rodamiento de los pavimentos tanto nuevos como existentes se pueden producir por falta de políticas de mantenimiento o errores cometidos durante el procedimiento constructivo de la vía; en la cual no se haya tomado las medidas de control correspondientes, provocando como consecuencia las deformaciones.

Existen 10 causas posibles que dan origen a la rugosidad en la etapa de construcción de la vía:

1. Variaciones en la superficie de la base o carpeta asfáltica existente sobre la que se construye la nueva capa de desgaste: aunque la pavimentadora pueda colocar una superficie suave, las secciones más gruesas de la carpeta asfáltica se compactarán más que las delgadas, dando como resultado una superficie final desigual y se puede resolver

mediante una capa nivelante o un fresado previo.

2. No verificar la superficie asfáltica con la regla inmediatamente después de la compactación inicial para hacer las correcciones mientras que la superficie asfáltica todavía se encuentra caliente.
3. Paradas y reinicios frecuentes de la pavimentadora: si no se puede evitar una parada, se debe verificar con una regla antes y después de la compactación.
4. Juntas de construcción de mala calidad: se deben verificar las juntas con una regla inmediatamente después de su construcción y corregirlas de ser necesario cuando el material está aún caliente.
5. Rastrillado excesivo del material colocado: la regla de la pavimentadora debe estar ajustada de manera que se haga innecesario el rastrillado. De ser empleado éste último, debe ser de una manera estrictamente suficiente y no exagerada.
6. Rodillado irregular o dejar que el rodillo se detenga sobre el pavimento caliente.
7. Mezcla no uniforme.
8. Operaciones impropias de los camiones: frenos muy duros o el camión golpea a la pavimentadora.
9. Temperatura no uniforme del material: las cargas frías no se compactan al mismo espesor que las calientes, se corrige verificando la temperatura del material antes de vaciarlo.
10. Ajuste frecuentes a los controles de la regla de la pavimentadora.

2.2.7 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Se han demostrado que existen muchos factores que afectan la rugosidad superficial del pavimento de estos lo más relevantes son:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El numero estructural.
- Las propiedades del concreto asfáltico utilizado: vacíos con aire, gravedad específica y el contenido de asfalto.
- Las características del medio ambiente: Temperatura promedio, precipitaciones pluviales (días de lluvia), índice de congelamiento, días

con temperatura superior a 32°C.

- Propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Propiedades de la sub rasante como el índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas, y porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Extensión y severidad de las fallas en el pavimento.

2.2.8 Importancia de la rugosidad en la superficie de rodadura en pavimentos para la circulación de vehículos

La rugosidad de la superficie de rodadura para la circulación de los vehículos tiene importancia en varios aspectos que se describen a continuación:

- a. Seguridad y comodidad:** Una buena rugosidad superficial permite ofrecer condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las vías.
- b. Costos de operación vehicular:** Tiene incidencia en los costos de operación de los vehículos, puesto que, dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse por un mayor desgaste en llantas y componentes mecánicos de los vehículos y mayor consumo de combustible.
- c. Efectos dinámicos:** Los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las vías, pueden reflejarse no solo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción).
- d. Acciones de conservación de las vías:** La rugosidad inicial de los pavimentos es un indicador de la calidad de la construcción de las vías. Si el pavimento es construido con buena regularidad superficial se espera que su vida útil sea mayor que otro que tenga mayores deformaciones; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el progreso de las irregularidades depende de muchos otros factores como las cargas impuestas por el tráfico, el clima, la variabilidad de los materiales de construcción, el estado de la subrasante, variaciones de topografía, presencia de estructuras en la vía, entre otros aspectos, por lo tanto es

de suma importancia conocer la regularidad superficial del pavimento en cualquier momento desde el inicio de su periodo de servicio o de la vida útil, para definir las acciones de conservación (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción) necesarias en el momento pertinente.

2.2.9 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

La sociedad americana de ensayos y materiales (ASTM) en la norma E-867 define la rugosidad como la desviación de la superficie del pavimento respecto a una superficie plana que afecta la dinámica de los vehículos, la calidad de los viajes, las cargas dinámicas y el drenaje. La rugosidad también puede ser definida como la distorsión de la superficie de la vía que causa aceleraciones verticales indeseables contribuyendo a la incomodidad del viaje (Perera & Kohn, 2002).

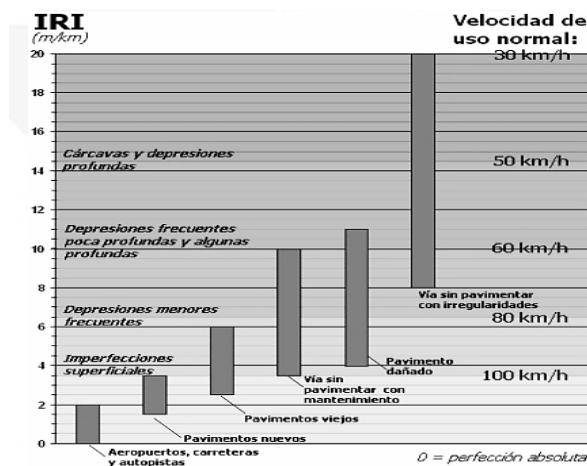
El IRI es una escala de la regularidad superficial de una vía, propuesta por el Banco Mundial como estadística estándar de la rugosidad que determina la influencia del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, se expresa en metros por kilómetros. (Sayers, Michel; Karamihas, Steven, 1998).

2.2.10 Escalas y características del IRI

El IRI tiene unidades de mm/m, m/km o in/mi, varía de 0 a 20 m/km o 0 a 126 in/mi (rugosidad 0 m/km es un camino uniforme perfecto y 20m/km uno ya casi imposible de transitar).

Figura 1

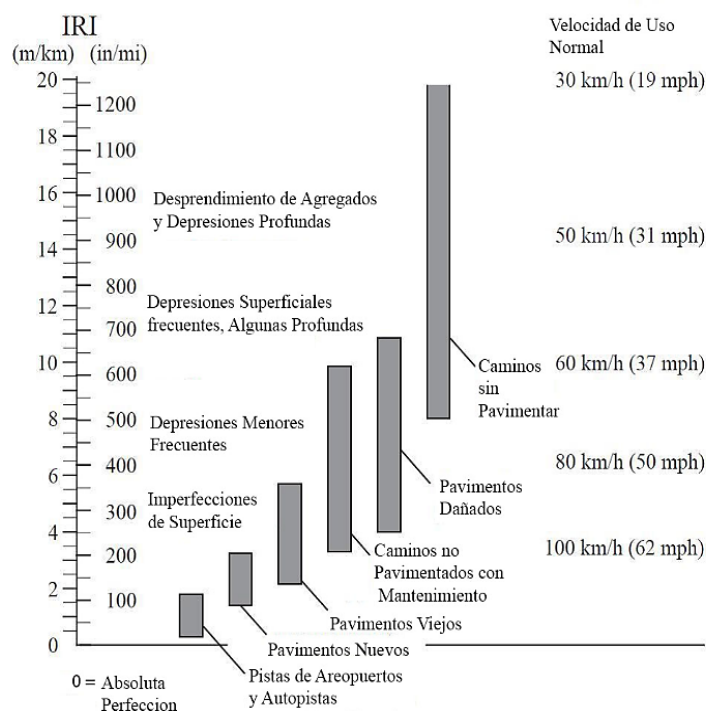
Escala estándar empleada por el Banco Mundial para clasificar los caminos según su IRI



Nota: Banco Mundial

Figura 2

Límites de velocidades según el tipo de pavimento



Nota: (Sayers y Karamihis, 1998)

Tabla 3

Valores de IRI (m/km) utilizados internacionalmente

País	Bueno	Regular	Malo	Rechazo	Recepción
EE.UU	< 2.4	2.4 – 4.7	> 4.7		
España	0 – 2.5	2.5 – 4.0	> 5.0	2.85	1.85
Chile	0 – 3.0	3.0 – 3.6	> 4.0	2.50	2.5
Honduras	< 3.5	3.5 – 6.0	> 6.0		
Uruguay	< 3.9	4.0 – 6.0	> 4.6		
Peru	< 2.5	2.5 – 4.5	> 4.5		

Nota: (Alvarenga, 2002)

2.2.11 Cálculo de la Rugosidad (IRI)

La mayor experiencia en el Perú está relacionada con el método basado en el uso del rugosímetro denominado MERLIN, acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using Low cost Instrumentation (Máquina para evaluar la rugosidad utilizando instrumentación de bajo costo).

Si bien en el Perú existen también equipos tipo respuesta (Bump Integrator), su uso ha sido bastante limitado; tanto en cantidad de proyectos, como también en calidad de resultados, debido fundamentalmente a la falta de exactitud de las calibraciones efectuadas para dichos equipos o a la imposibilidad de mantener las condiciones con las inicialmente fueron calibrados, lo que ha incidido mayoritariamente en la obtención de resultados inconsistentes con el estado de los pavimentos evaluados. De acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, estos resultados corresponden de hecho a un método de Clase 4.

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.

2.2.12 Rugosímetro MERLIN

Es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú en 1993, existiendo para Junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras.

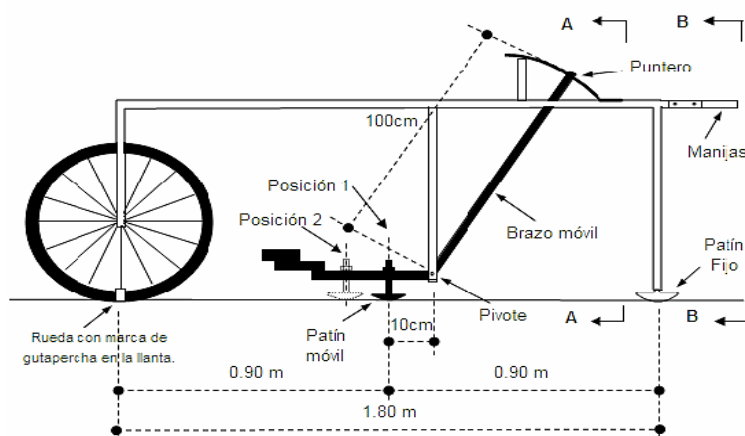
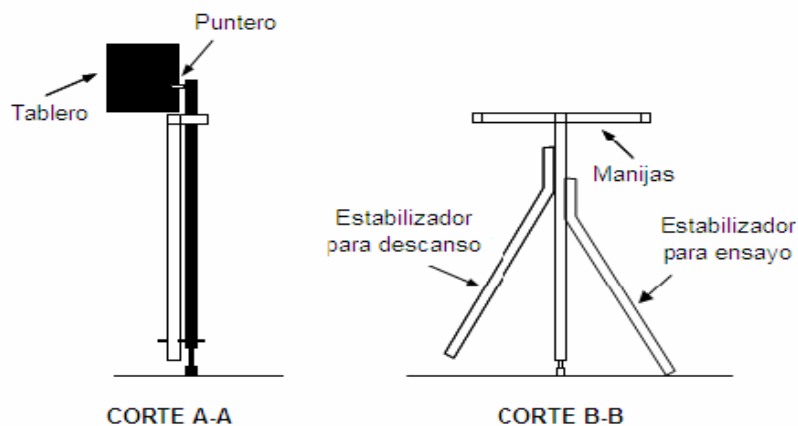
El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel).

Figura 3

Metodología para la determinación de la rugosidad, uso del Rugosímetro Merlín



Nota: Elaboración propia

Figura 4*Detalles del instrumento MERLIN**Nota: (Del Aguila Rodriguez, 1999)***Figura 5***Detalles del instrumento MERLIN**Nota: (Del Aguila Rodriguez, 1999)*

2.2.13 Ventajas del rugosímetro de MERLIN

Sus ventajas son:

- Facilidad para su construcción; pueden ser fabricados por los artesanos locales con partes que sean fácilmente disponibles. Los planos pueden ser obtenidos del TRRL.
- Robusto; no requiere un cuidado especial en el manejo, aunque evidentemente no debe abusarse por esto.
- Fácilmente calibrado; utilizando un procedimiento sencillo.

- Fácilmente utilizado; el procedimiento de medición es sencillo y un operador puede rápidamente ser entrenado.
- Fácil mantenimiento; uno de sus atributos más importantes.

El MERLÍN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación con respecto a la cuerda promedio”.

El MERLÍN tiene dos pies, separados uno de otro una distancia de 1.8m, el cual se apoya en la superficie del camino cuya rugosidad será medida a lo largo de la wheeltrack (marca hecha por las ruedas).

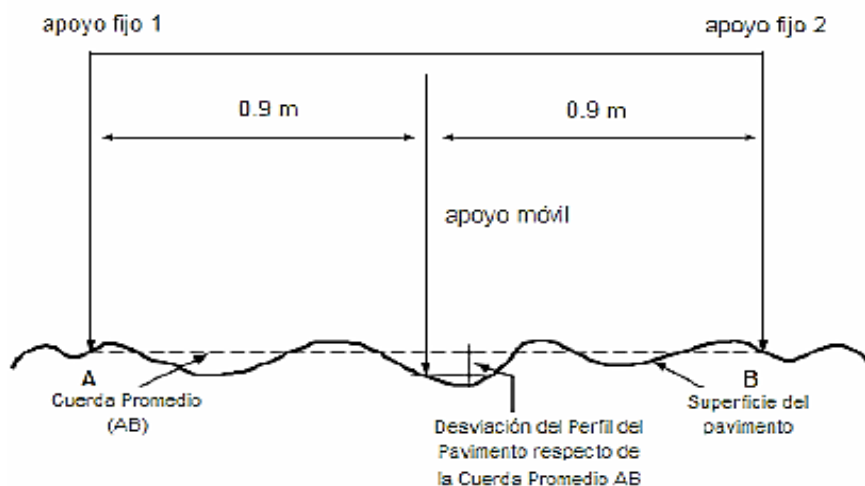
Un patín de prueba móvil se pone a media-vía sobre la superficie de camino entre los dos pies y el MERLÍN mide la distancia vertical “y” entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que une la base de los dos pies.

El resultado se registra en un formato montado sobre la máquina, tomando medidas repetidas a lo largo de la huella de la rueda cuando se han completado las observaciones, se remueve el formato, en el cual se habrá generado un histograma.

El “ancho” del histograma (D), expresado en milímetros representa la rugosidad en la escala de MERLÍN. (Del Aguila Rodriguez, 1999).

Figura 6

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



Nota: (Del Aguila Rodriguez, 1999)

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

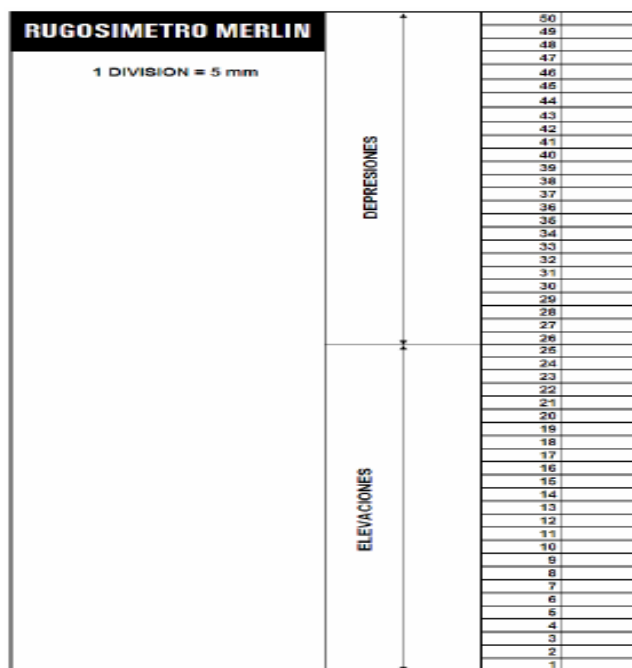
El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición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

La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero. (Del Aguila Rodriguez, 1999)

Figura 7

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento



Nota: (Del Aguila Rodriguez, 1999)

2.2.14 Modo de Uso

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajen conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que los anota. Asimismo, debe seleccionarse un tramo de 400m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

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

Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia, en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del

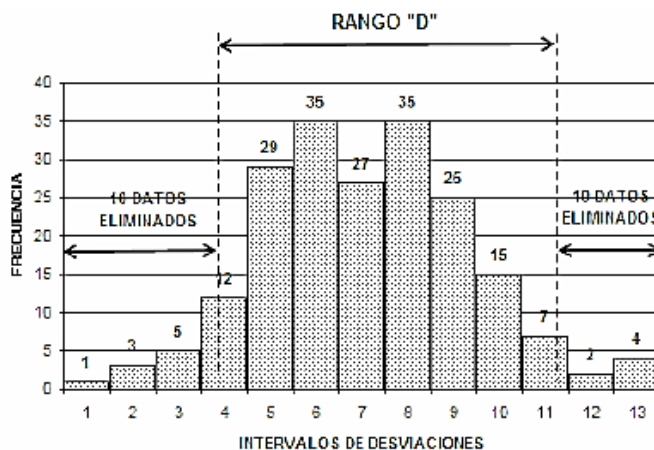
2.2.15 Cálculo de la Rugosidad

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

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura siguiente). Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. (Del Aguila Rodriguez, 1999)

Figura 9:

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



Nota: (Del Aguila Rodriguez, 1999)

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. En la Figura 9, por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia, resulta una unidad fraccionada igual a $11/12=0.92$. Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $3/7=0.43$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $0.92+6+0.43 = 7.35$ unidades. (Del Aguila Rodriguez, 1999)

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cual se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros. (Del Aguila Rodriguez, 1999)

$$\text{Rango D} = 7.35 \times 5\text{mm} = 36.75\text{mm}.$$

Factor de corrección.

$$\text{F.C.} = (\text{EP} \times 10) / (\text{Li} - \text{Lf}) \times 5 \quad (1)$$

Donde:

EP = Espesor de la pastilla

Li = Posición inicial del puntero.

Lf = Posición final del puntero.

Cálculo del Rango D corregido.

$$\text{Dc} = \text{D} \times \text{FC} \quad (2)$$

Calculo de IRI

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.047\text{Dc} \quad (3)$$

2.3 Definición de términos básicos

- **Transitabilidad:** Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.
- **Índice de serviciabilidad:** Es un número, en una escala de 0 a 5, que indica la condición de pavimentos en un determinado momento, para

proveer un manejo seguro y confortable los usuarios.

- **IRI:** Sigla que corresponde al Índice de Rugosidad Internacional, es el parámetro que mide el estado más característico de la condición funcional de la capa de rodadura de un pavimento.
- **Rugosímetro de merlin:** Es un artefacto diseñado específicamente para la medición de la rugosidad del pavimento, siendo una variación del perfilómetro estático. Acabado en pintura electrostática de color amarillo y negro. Plegable, para fácil embalaje y transporte.
- **Gestión vial:** Programas relativos a la administración vial, planes de mantenimiento vial.
- **IRRE:** International Road Roughness Experiment. Programa internacional de investigaciones del Banco Mundial para establecer el IRI como medida estandar del estado de conservación.
- **Mantenimiento vial:** Intervenciones en los componentes de las vías para recuperar las condiciones de transitabilidad.
- **Superficie de rodadura:** parte de la estructura del pavimento que hace contacto con los neumáticos del vehículo.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de la investigación

3.1.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de nivel descriptiva - exploratoria, porque se pretende ahondar con la investigación, alcance poco antes estudiada, estableciendo prioridades para futuras investigaciones.

3.1.2 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.

3.2 Población y/o muestra de estudio

3.2.1 Población

La población para la investigación es la avenida Gustavo Pinto, zona muy importante por parte del sector comercial y comunicación que interconecta con la población de Tacna, se encuentra el centro comercial Polvos Rosados, el distrito Alto de la Alianza y el distrito de Ciudad Nueva, actualmente las vías de acceso en determinados sectores se encuentran en malas condiciones, perjudicando a la transitabilidad.

3.2.2 Muestra

La muestra de estudio es la Av. Gustavo Pinto, específicamente en el tramo avenida Tarapacá – avenida Jorge Basadre Grohmann; las cuales presentan fallas que vienen afectando la superficie del pavimento flexible. Actualmente la avenida no recibe ningún mantenimiento por parte de las entidades encargadas de su administración.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable dependiente:

Mejorar la transitabilidad vehicular

- Definición conceptual.

El concepto de transitabilidad define como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad, confort y comodidad.

- Definición operacional.

De acuerdo a los resultados obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional, y con el uso de la fórmula de Sayers se obtiene para cada tramo los resultados de la transitabilidad (muy buena, buena, regular, mala y muy mala)

3.3.2 Variable Independiente:

Análisis funcional del pavimento flexible

- Definición conceptual.

La determinación de la rugosidad de un pavimento flexible se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto a una cuerda promedio midiendo el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y la cuerda promedio.

- Definición operacional.

El Índice de Rugosidad Internacional representa un valor referencial m/km para medir la calidad en los pavimentos, varía de 0 a 20 m/km; rugosidad 0 m/km es un camino uniforme perfecto y 20 m/km uno ya casi imposible de transitar, sustentados en el desgaste y daños causados por efectos durante la vida útil de un pavimento.

3.3.3 Operatividad de las variables

Tabla 4

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Mejorar la transitabilidad vehicular	De acuerdo a los resultados obtenidos del Índice de Rugosidad Internacional, y con el uso de la formula de Sayers se obtiene para cada tramo los resultados de la serviciabilidad (muy buena, buena, regular, mala y muy mala).	Determinación de la transitabilidad	Determinación del estado de conservación según escala.
		Determinación de la serviciabilidad	Serviciabilidad Calculo de la transitabilidad mediante IRI.
Análisis funcional del pavimento flexible	El Índice de Rugosidad Internacional representa un valor referencial m/km para medir la calidad en los pavimentos, varia de 0 a 20 m/km; rugosidad o m/km es un camino uniforme perfecto y 20 m/km uno ya casi imposible de transitar, sustentados en el desgaste y daños causados por efectos durante la vida útil de un pavimento	Pavimento flexible	Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. Ciclo de vida de los pavimentos. Pavimento flexible
		Indice de Rugosidad Internacional	Rugosidad de los pavimentos. IRI Escala y características del IRI. Calculo del índice de rugosidad. Rugosimetro de MERLIN. Esquema del rugosimetro.

Nota: Elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1 Técnicas

La metodología y técnicas utilizadas es el uso del Rugosímetro de MERLIN, para la obtención de datos en el campo y el cálculo de la rugosidad internacional en la avenida Gustavo Pinto en toda su longitud, desde la avenida Tarapacá hasta la avenida Jorge Basadren Grohmann.

Para la elaboración de la investigación se procede con la búsqueda de la avenida que cumpla con las condiciones necesarias para ser analizada, referidos al estado funcional y el índice de rugosidad internacional, para conocer el estado de conservación del pavimento flexible. Una vez realizado el trabajo de campo se pasa a gabinete a realizar los cálculos para determinar los valores del índice de rugosidad internacional, utilizando los equipos indicados.

3.4.2 Instrumentos

- Rugosímetro de MERLIN.
- Guías de observación y formatos de campo
- PC
- Cámara fotográfica.
- Flexómetro de 10 m.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

Se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto a la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición (Anexo2), luego se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, ahí es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad. El parametro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el rango de la muestra, este es determinado luego de efectuar una depuración del 10% de las observaciones, es decir 10 datos en cada cola del histograma. El valor "D" es la rugosidad del pavimento en unidades MERLIN; $IRI = 0.593 + 0.0471D$

Para el Rugosímetro de MERLIN en la Av. Gustavo Pinto, se determina en ambos carriles tramos de 400 m. mediante el cálculo de la rugosidad internacional (IRI), para el procesamiento de los datos y cálculos se utiliza la Hoja electrónica EXCEL

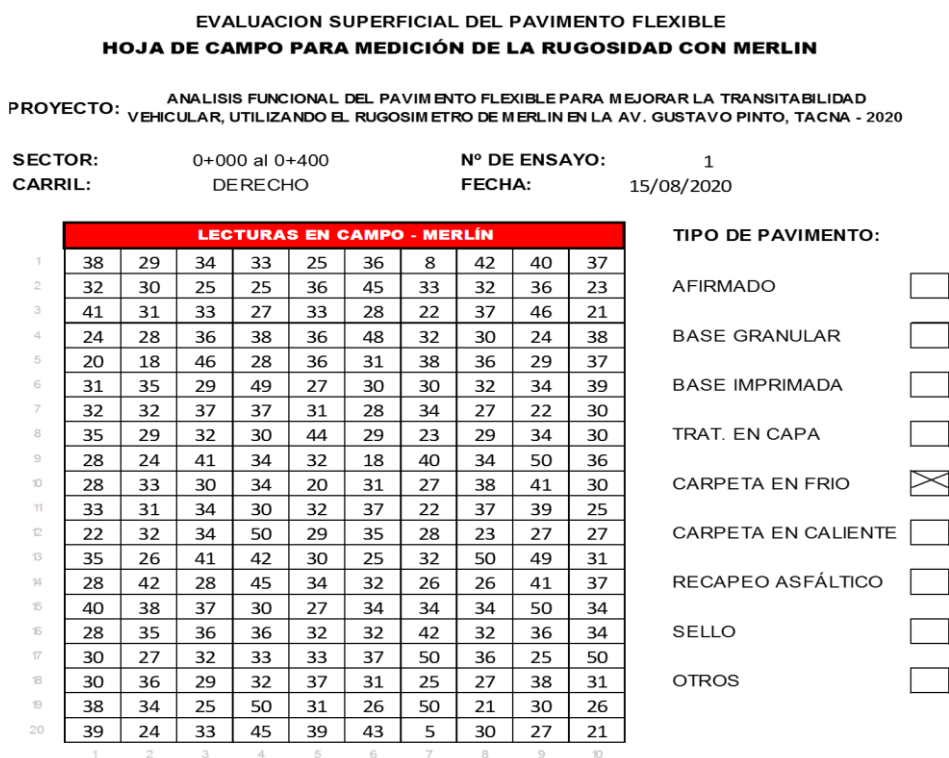
CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

En la presente investigación se evaluo los carriles derecho e izquierdo de la avenida Gustavo Pinto considerando 8 tramos por carril, por lo que presentamos los resultados obtenidos del levantamiento de datos de campo mediante el ensayo con el equipo del rugosímetro de MERLIN.

Figura 10

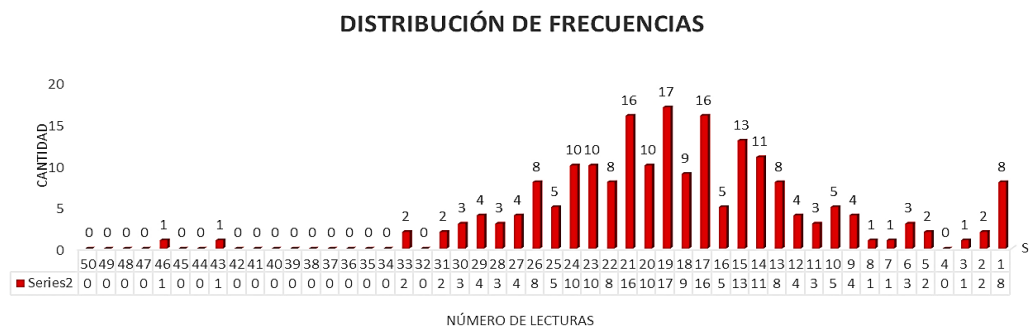
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 01



Nota: Elaboracion Propia

Figura 11

Distribución de frecuencias, tramo 01.



Nota: Elaboración propia.

Figura 12

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 1.



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	1	PROGRESIVA:	Km 0+0.00 al Km 0+400.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

LECTURA INICIAL: 38
 LECTURA FINAL: 21

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN													
38	29	34	33	25	36	8	42	40	37				
32	30	25	25	36	45	33	32	36	23				
41	31	33	27	33	28	22	37	46	21				
24	28	36	38	36	48	32	30	24	38				
20	18	46	28	36	31	38	36	29	37				
31	35	29	49	27	30	30	32	34	39				
32	32	37	37	31	28	34	27	22	30				
35	29	32	30	44	29	23	29	34	30				
28	24	41	34	32	18	40	34	50	36				
28	33	30	34	20	31	27	38	41	30				
33	31	34	30	32	37	22	37	39	25				
22	32	34	50	29	35	28	23	27	27				
35	26	41	42	30	25	32	50	49	31				
28	42	28	45	34	32	26	26	41	37				
40	38	37	30	27	34	34	34	50	34				
28	35	36	36	32	32	42	32	36	34				
30	27	32	33	33	37	50	36	25	50				
30	36	29	32	37	31	25	27	38	31				
38	34	25	50	31	26	50	21	30	26				
39	24	33	45	39	43	5	30	27	21				

FACTOR DE CORRECIÓN F.C. = 0.73

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"

$D = (Ei + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$

Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.

Ei = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"

D > 40 mm D < 40 mm

IRI = 0.593 + 0.0471D IRI = 0.0485D

RESULTADOS

Datos:

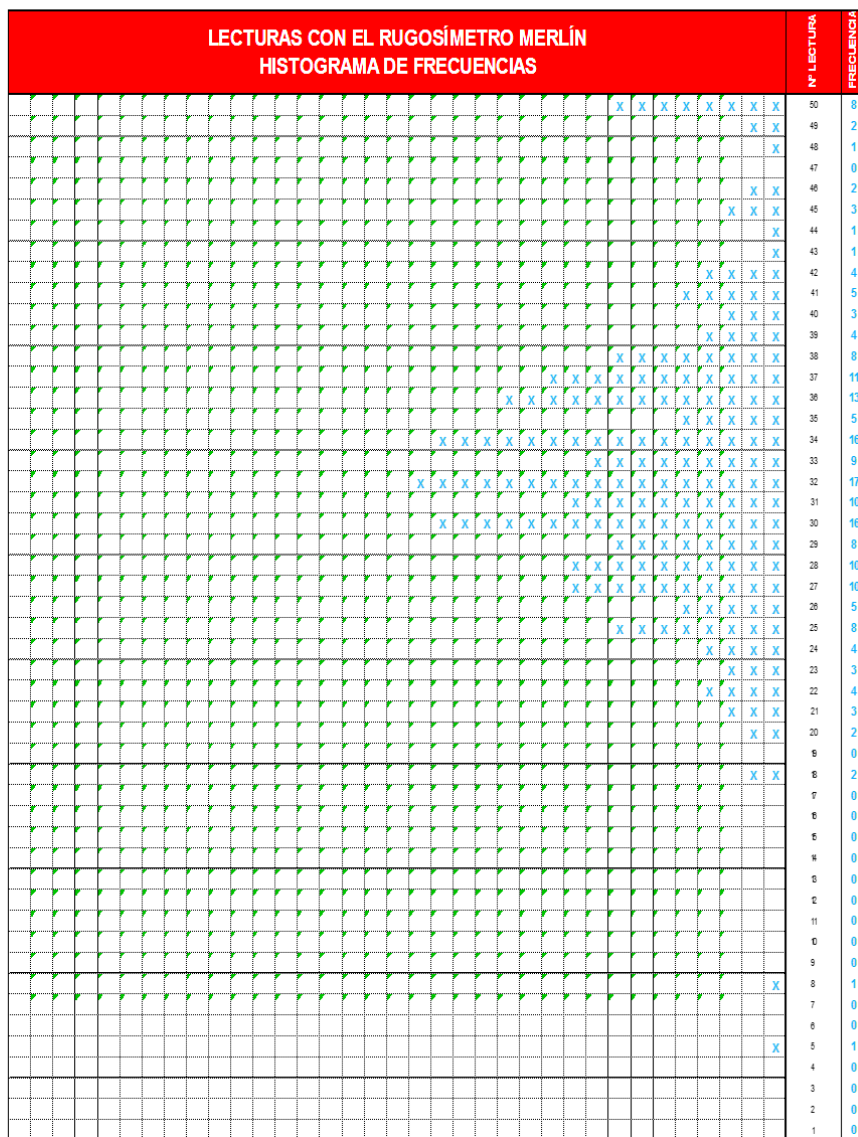
NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 0.73

Resultado del IRI:

RANGO "D": 133.750 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 97.638 mm

RUGOSIDAD IRI: 5.19 m/Km

Observaciones:



Nota: Elaboración propia.

Figura 13

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 02

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

SECTOR: 0+400 al 0+800 **N° DE ENSAYO:** 2

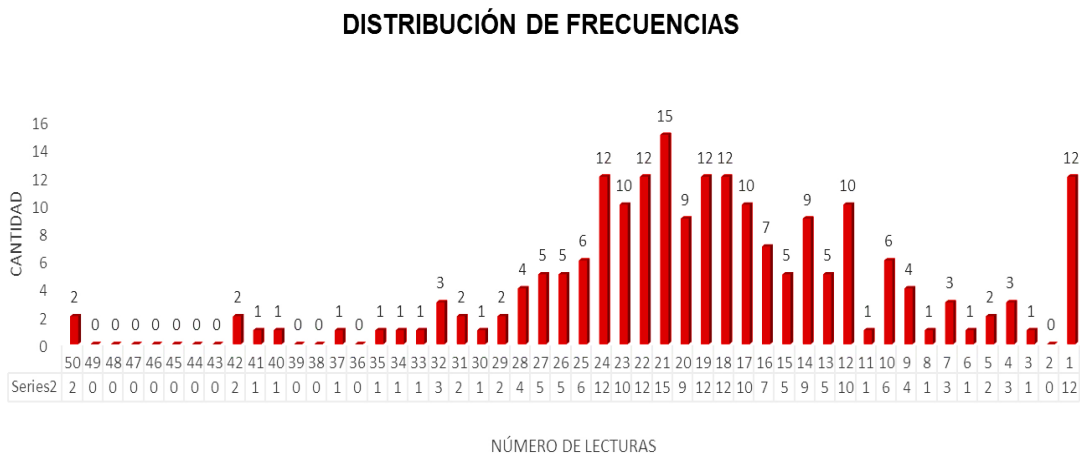
CARRIL: DERECHO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	41	24	24	26	39	30	32	36	26	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
32	27	34	22	29	28	34	32	33	33	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
29	38	48	26	33	50	41	23	44	30	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
31	31	11	19	27	50	37	37	50	47	TRAT. EN CAPA <input type="checkbox"/>
33	36	10	36	27	9	27	30	50	32	CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/>
31	39	23	37	30	0	35	25	31	28	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
50	32	14	25	38	39	46	33	41	38	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
29	39	44	46	34	9	31	31	30	30	SELLO <input type="checkbox"/>
34	31	32	29	33	50	29	42	26	32	OTROS <input type="checkbox"/>
50	25	19	33	29	19	40	28	30	23	
37	30	27	0	21	43	25	39	30	33	
18	38	27	50	35	37	50	34	32	34	
30	31	39	36	29	23	39	27	27	29	
45	24	32	50	36	42	28	35	27	29	
29	17	30	20	27	33	27	37	35	42	
39	26	37	20	32	39	28	37	28	50	
29	32	30	28	34	34	30	22	28	33	
33	34	37	30	41	47	41	47	28	28	
24	24	27	39	42	35	26	34	33	41	
29	16	38	30	50	25	35	44	35	31	

Nota: Elaboracion propia

Figura 14

Distribución de frecuencias, tramo 02.



Nota: Elaboración propia.

Figura 16

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 03

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

SECTOR: 0+800 al 0+1200 **Nº DE ENSAYO:** 3

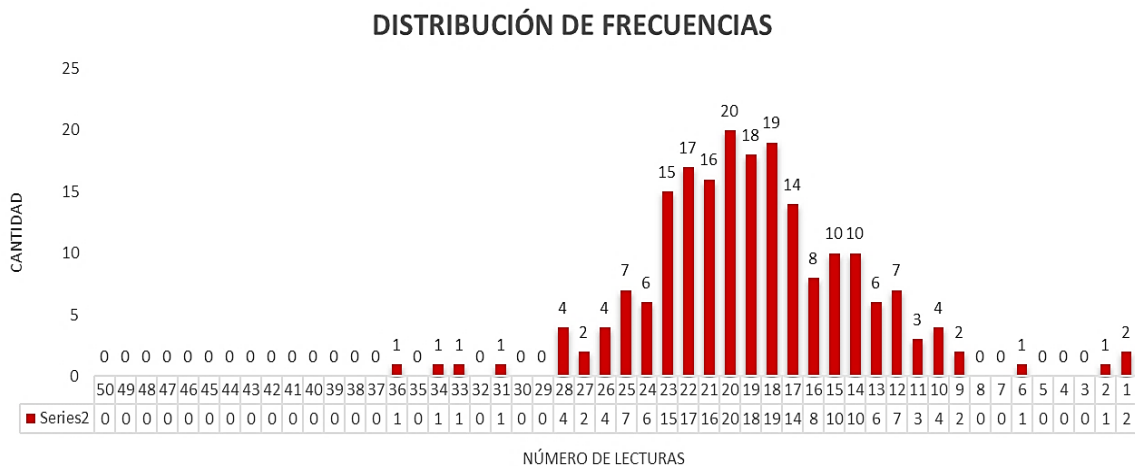
CARRIL: DERECHO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	33	31	28	30	33	33	38	33	35	29	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	30	27	31	28	33	39	37	38	29	45	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	17	31	34	32	28	35	27	24	29	25	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	36	20	27	38	34	30	31	41	33	28	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	33	26	31	37	28	26	39	29	34	27	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	35	37	32	25	39	37	34	33	33	31	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	31	35	29	33	39	18	32	31	32	36	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	28	31	26	26	27	29	39	34	28	30	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	33	25	33	50	33	23	26	29	31	32	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	29	29	34	41	36	32	26	36	37	31		
11	32	39	29	29	38	30	26	34	28	28		
12	30	32	42	33	32	29	29	33	37	27		
13	30	32	33	34	36	35	23	32	40	33		
14	36	31	41	38	36	23	32	28	31	29		
15	30	32	39	36	30	42	34	30	40	40		
16	30	35	50	33	30	35	38	28	31	34		
17	24	29	25	37	28	33	29	28	32	32		
18	31	41	15	37	29	30	34	37	31	31		
19	32	31	23	34	28	36	32	30	35	31		
20	34	31	49	30	28	37	32	36	34	30		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboracion Propia

Figura 17

Distribución de frecuencias, tramo 03.



Nota: Elaboración propia.

Figura 18

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 3



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	3	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN												
33	31	28	30	33	33	38	33	35	29			
30	27	31	28	33	39	37	38	29	45			
17	31	34	32	28	35	27	24	29	25			
36	20	27	38	34	30	31	41	33	28			
33	26	31	37	28	26	39	29	34	27			
35	37	32	25	39	37	34	33	33	31			
31	35	29	33	39	18	32	31	32	36			
28	31	26	26	27	29	39	34	28	30			
33	25	33	50	33	23	26	29	31	32			
29	29	34	41	36	32	26	36	37	31			
32	39	29	29	38	30	26	34	28	28			
30	32	42	33	32	29	29	33	37	27			
30	32	33	34	36	36	23	32	40	33			
36	31	41	38	36	23	32	28	31	29			
30	32	39	36	30	42	34	30	40	40			
30	35	50	33	30	35	38	28	31	34			
24	29	25	37	28	33	29	28	32	32			
31	41	15	37	29	30	34	37	31	31			
32	31	23	34	28	36	32	30	35	31			
34	31	49	30	28	37	32	36	34	30			

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C.= 0.73

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI=EXTREMO INFERIOR CE=CENTRO ES=EXTREMO SUPERIOR

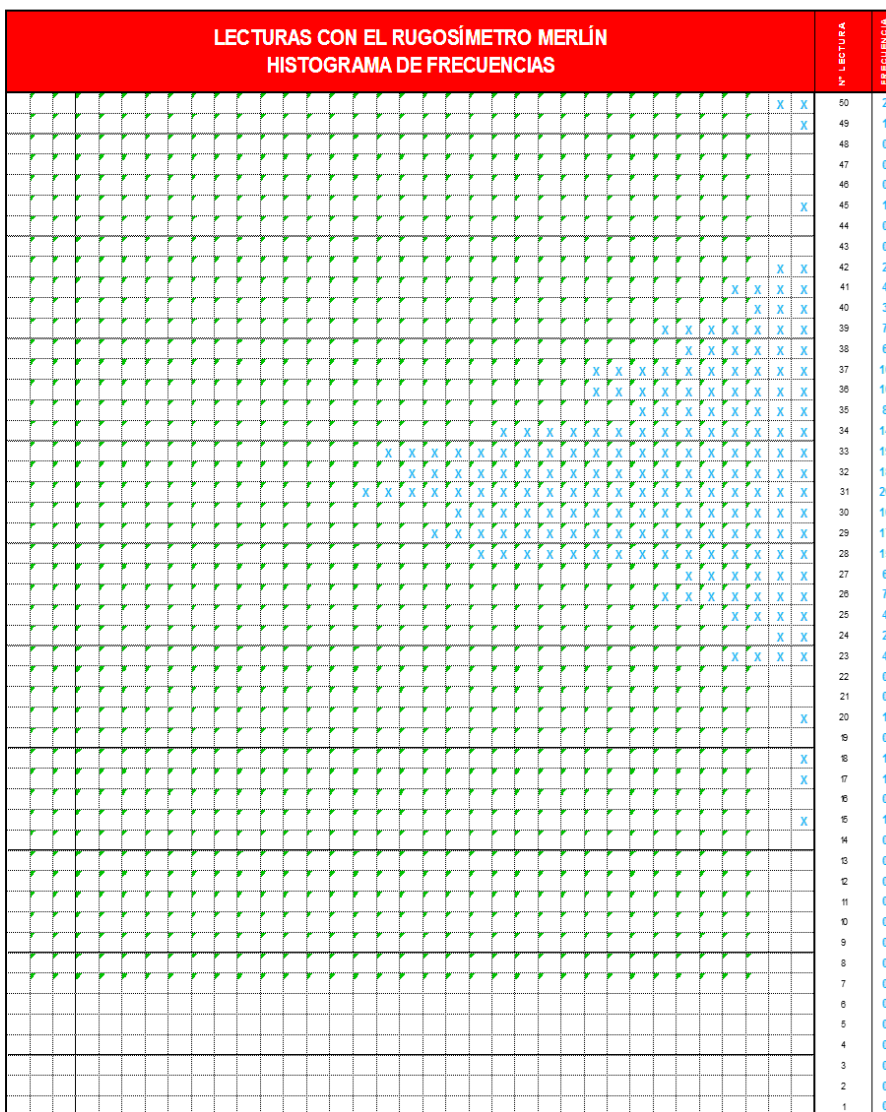
CÁLCULO DEL "IRI"

D > 40 mm	D < 40 mm
IRI = 0.593 + 0.0471D	IRI = 0.0485D

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 0.73

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 85.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 62.050 mm
RUGOSIDAD IRI: 3.52 m/Km

Observaciones:



Nota: Elaboración propia

Figura 19

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 04

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

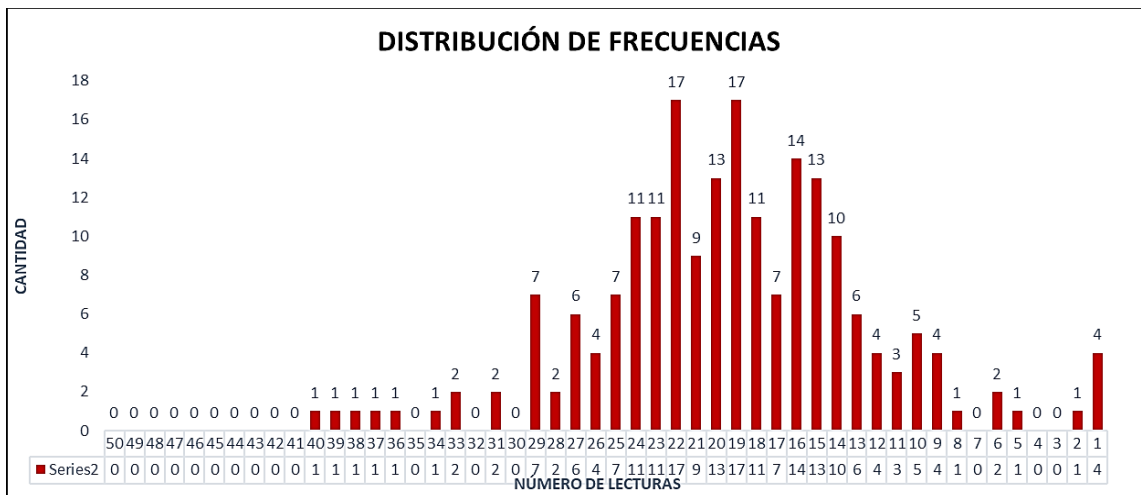
SECTOR: 0+1200 al 0+1600 **N° DE ENSAYO:** 4
CARRIL: DERECHO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	35	24	11	22	33	33	32	28	25	38	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	35	30	42	33	39	22	27	33	50	38	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	34	28	29	32	22	37	34	33	29	35	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	31	29	28	32	34	39	34	26	14	40	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	36	32	37	37	35	37	22	36	31	43	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	31	29	27	32	22	32	41	33	30	35	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	32	31	28	20	41	31	29	32	31	24	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	34	35	29	40	28	28	24	28	28	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	32	34	36	36	32	29	33	37	36	25	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	34	35	31	37	33	27	36	27	27	18		
11	31	37	26	39	31	31	30	50	12	37		
12	27	33	35	23	41	29	29	50	13	15		
13	32	36	36	26	32	37	30	28	26	46		
14	32	29	29	27	35	28	36	24	42	22		
15	35	27	35	42	36	29	29	18	41	27		
16	31	33	41	20	24	30	30	25	39	32		
17	27	17	31	32	42	38	36	24	25	30		
18	29	32	30	45	30	36	35	50	49	40		
19	29	28	35	35	45	29	32	23	38	26		
20	31	27	38	37	38	26	33	36	26	22		

Nota: Elaboracion Propia

Figura 20

Distribución de frecuencias, tramo 04



Nota: Elaboración propia.

Figura 21

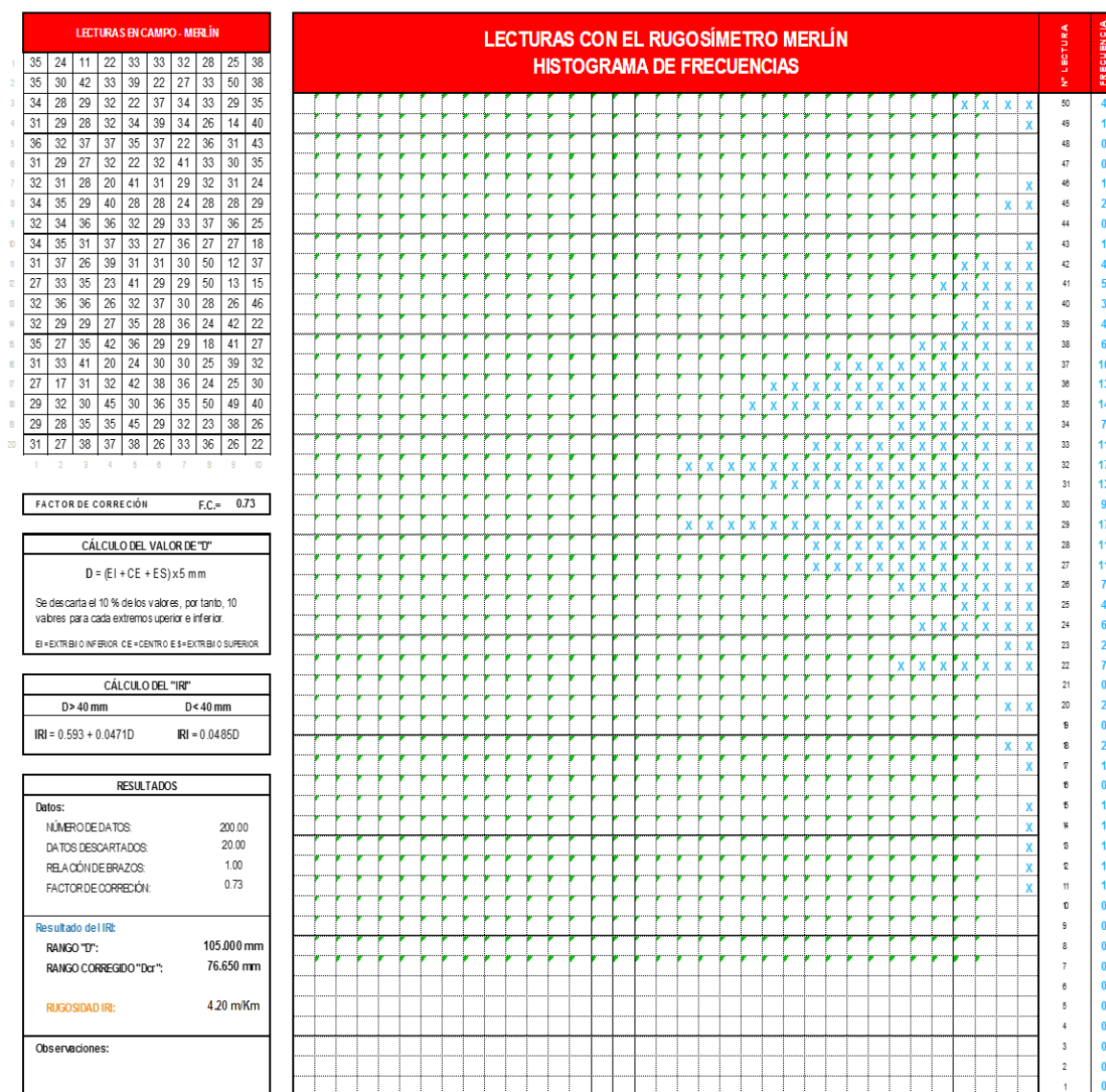
Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 4



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020					
------------------	---	--	--	--	--	--

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	4	PROGRESIVA:	Km 1+200.00 al Km 1+600.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA



Nota: Elaboración propia

Figura 22

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 05

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

SECTOR: 0+1600 al 0+2000 Nº DE ENSAYO: 5
 CARRIL: DERECHO FECHA: 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	50	29	39	35	31	30	40	32	33	31	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	33	33	27	35	32	32	31	33	36	30	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	28	29	23	36	42	30	32	30	31	35	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	36	24	35	42	36	33	25	33	29	31	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	13	28	28	39	24	31	50	34	29	32	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	0	19	32	40	35	50	28	32	32	29	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	50	36	40	38	34	50	20	28	29	34	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	32	35	50	30	29	25	40	29	37	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	28	26	28	43	32	36	36	32	31	31	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	31	41	37	33	22	50	48	34	28	28		
11	27	35	33	27	34	34	37	33	33	36		
12	28	50	26	39	32	34	29	34	29	33		
13	43	50	20	27	38	37	27	30	32	28		
14	31	30	34	32	49	18	32	30	24	30		
15	41	31	32	27	32	25	30	32	32	31		
16	35	38	30	32	34	30	17	28	28	33		
17	47	42	30	25	24	31	20	31	31	29		
18	41	29	35	28	25	45	22	31	33	35		
19	29	37	27	32	22	35	24	28	31	36		
20	27	30	34	29	38	20	33	32	33	31		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboración propia

Figura 23

Distribución de frecuencias, tramo 05.

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS



Nota: Elaboración propia.

Figura 24

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 5



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020						
------------------	---	--	--	--	--	--	--

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	5	PROGRESIVA:	Km 1+600.00 al Km 2+000.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

LECTURA SENCAMPO - MERLIN									
50	29	39	35	31	30	40	32	33	31
33	33	27	35	32	32	31	33	36	30
28	29	23	36	42	30	32	30	31	35
36	24	35	42	36	33	25	33	29	31
13	28	28	39	24	31	50	34	29	32
0	19	32	40	35	50	28	32	32	29
50	36	40	38	34	50	20	28	29	34
32	35	50	30	29	25	40	29	37	29
28	26	28	43	32	36	36	32	31	31
31	41	37	33	22	50	48	34	28	28
27	35	33	27	34	34	37	33	33	36
28	50	26	39	32	34	29	34	29	33
43	50	20	27	38	37	27	30	32	28
31	30	34	32	49	18	32	30	24	30
41	31	32	27	32	25	30	32	32	31
35	38	30	32	34	30	17	28	28	33
47	42	30	25	24	31	20	31	31	29
41	29	35	28	25	45	22	31	33	35
29	37	27	32	22	35	24	28	31	36
27	30	34	29	38	20	33	32	33	31

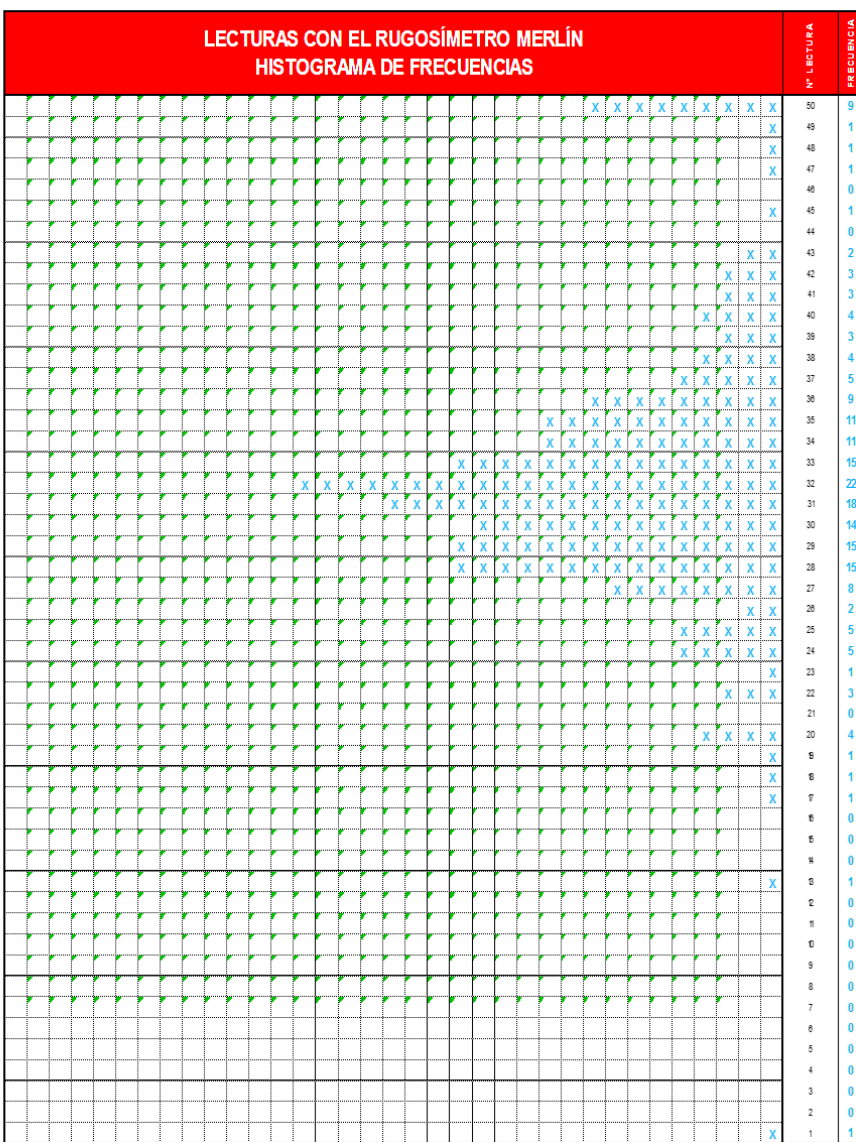
FACTOR DE CORRECIÓN F.C. = 0.73

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 D > 40 mm D < 40 mm
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS	
Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECCIÓN:	0.73
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	128.333 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	93.683 mm
RUGOSIDAD IRI:	5.01 m/Km

Observaciones:



Nota: Elaboración propia

Figura 25

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 06

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

SECTOR: 0+2000 al 0+2400 **Nº DE ENSAYO:** 6

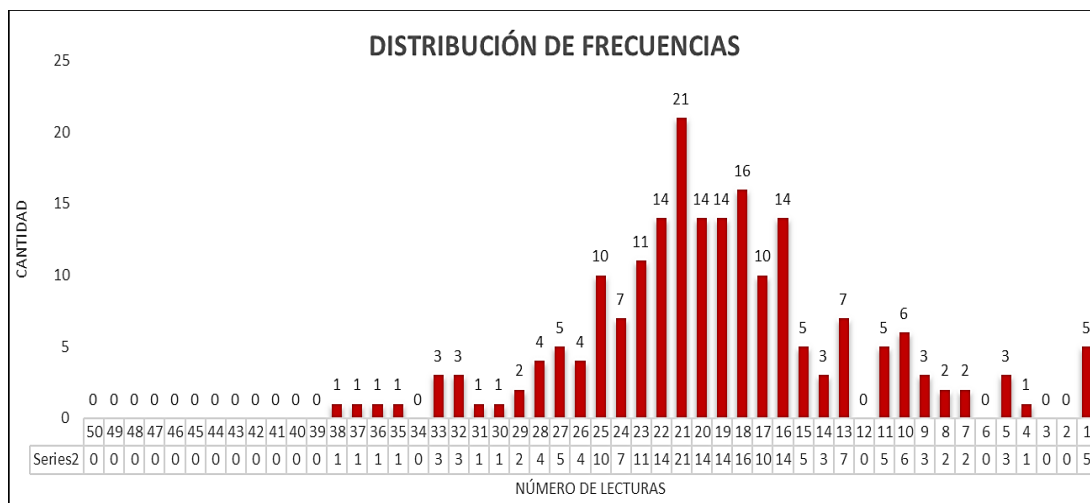
CARRIL: DERECHO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN											TIPO DE PAVIMENTO:	
1	32	35	31	33	18	32	15	23	42	50	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	31	31	32	37	27	28	40	36	46	30	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	46	28	28	19	41	31	18	26	35	30	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	31	31	31	35	44	25	31	27	24	30	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	32	30	28	47	35	25	42	29	33	26	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	30	30	29	18	13	34	43	24	32	34	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	31	30	30	29	46	20	31	23	36	26	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	31	30	38	30	29	27	33	37	33	32	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	32	31	27	29	26	34	24	23	29	29	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	30	33	35	50	50	41	41	24	26	38		
11	33	33	26	32	31	22	37	31	30	28		
12	34	32	35	50	30	29	40	29	33	26		
13	33	33	32	42	16	38	38	30	30	32		
14	30	29	40	35	29	29	28	35	34	28		
15	32	33	34	34	38	36	28	28	35	28		
16	32	40	33	25	33	27	30	36	27	41		
17	29	26	35	21	14	19	19	30	30	34		
18	30	36	33	24	22	27	44	34	29	43		
19	30	32	26	23	41	35	35	38	41	25		
20	35	33	38	50	26	34	35	33	28	40		

Nota: Elaboracion propia

Figura 26

Distribución de frecuencias, tramo 06.



Nota: Elaboración propia.

Figura 27

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 6



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020					
TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	6	PROGRESIVA:	Km 2+000.00 al Km 2+400.00
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO
				CARRIL:	DERECHO
				AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

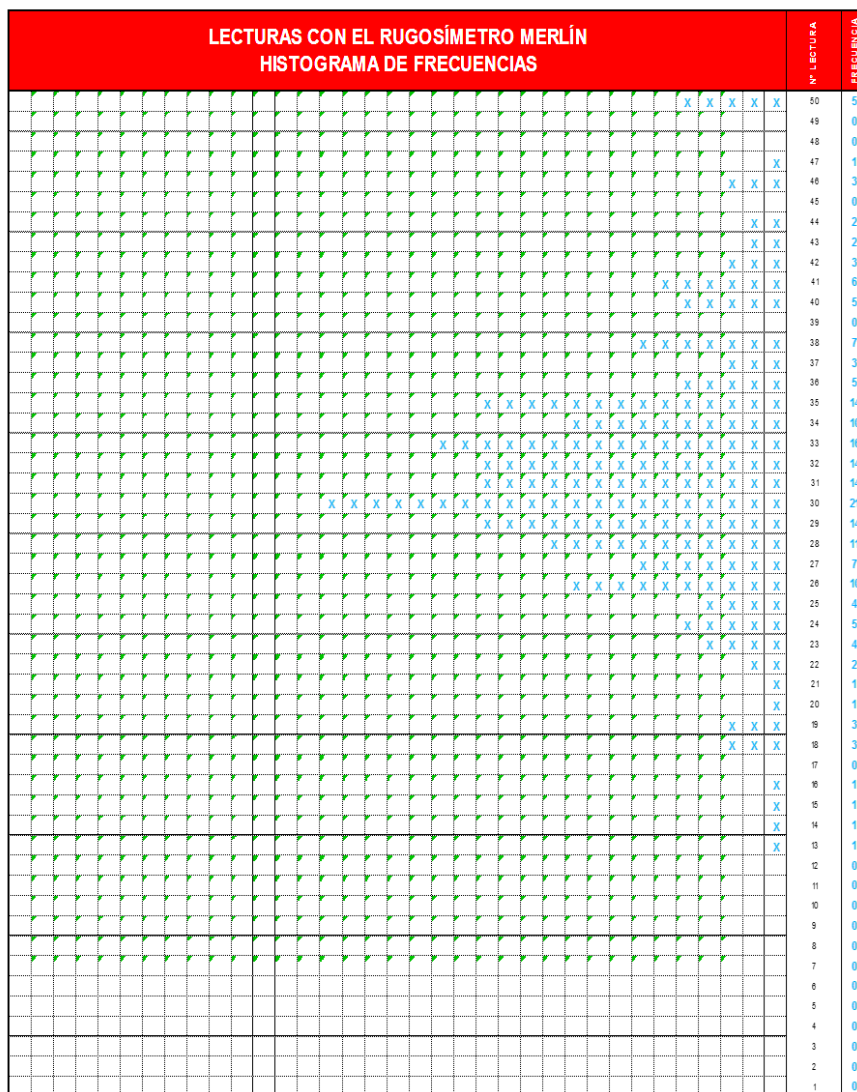
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN												
1	32	35	31	33	18	32	15	23	42	50		
2	31	31	32	37	27	28	40	36	46	30		
3	46	28	28	19	41	31	18	26	35	30		
4	31	31	31	35	44	25	31	27	24	30		
5	32	30	28	47	35	25	42	29	33	25		
6	30	30	29	18	13	34	43	24	32	34		
7	31	30	30	29	46	20	31	23	36	26		
8	31	30	38	30	29	27	33	37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

FACTOR DE CORRECIÓN F.C. = 0.73

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10% de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI=EXTREMO INFERIOR CE=CENTRO ES=EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS	
Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.73
Resultado de IRI:	
RANGO "D":	120.000 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	87.600 mm
RUGOSIDAD IRI:	4.72 m/Km
Observaciones:	



Nota: Elaboración propia

Figura 28

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 07

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

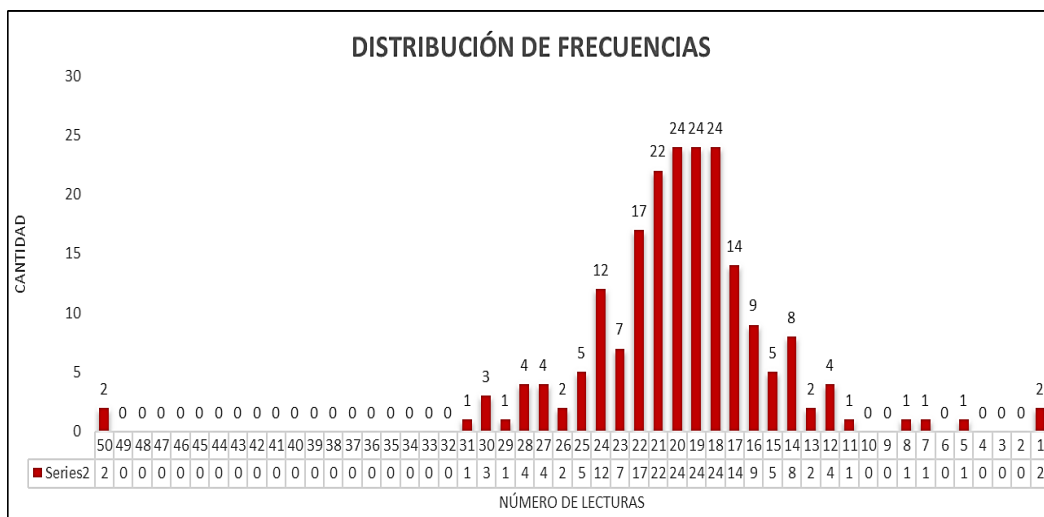
SECTOR: 0+2400 al 0+2800 **Nº DE ENSAYO:** 7
CARRIL: DERECHO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	26	33	34	37	34	32	32	27	29	32	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	23	39	28	23	31	39	31	37	33	37	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	33	23	29	35	32	25	32	38	32	44	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	21	34	33	26	33	32	30	24	30	31	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	30	20	26	29	34	29	33	32	27	30	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	27	24	21	30	33	34	30	32	33	30	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	29	21	28	28	33	27	35	34	34	33	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	31	24	35	36	31	23	32	31	30	27	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	32	35	22	35	29	27	30	27	32	33	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	31	29	33	36	31	26	33	0	31	50		
11	28	29	34	32	27	33	29	37	30	31		
12	33	32	34	32	25	31	34	32	34	31		
13	30	46	33	35	30	33	31	26	30	32		
14	31	39	50	31	1	24	31	27	32	33		
15	39	31	28	33	31	40	35	27	37	38		
16	29	37	32	30	34	30	33	29	34	36		
17	34	36	43	32	31	33	29	28	30	36		
18	29	32	29	31	37	30	29	32	32	33		
19	37	29	30	30	27	31	29	32	30	33		
20	27	31	35	30	28	31	31	33	35	30		

Nota: Elaboración propia

Figura 29

Distribución de frecuencias, tramo 07



Nota: Elaboración propia.

Figura 30

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 7



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	7	PROGRESIVA:	Km 2+400.00 al Km 2+800.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

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

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C. = 0.73

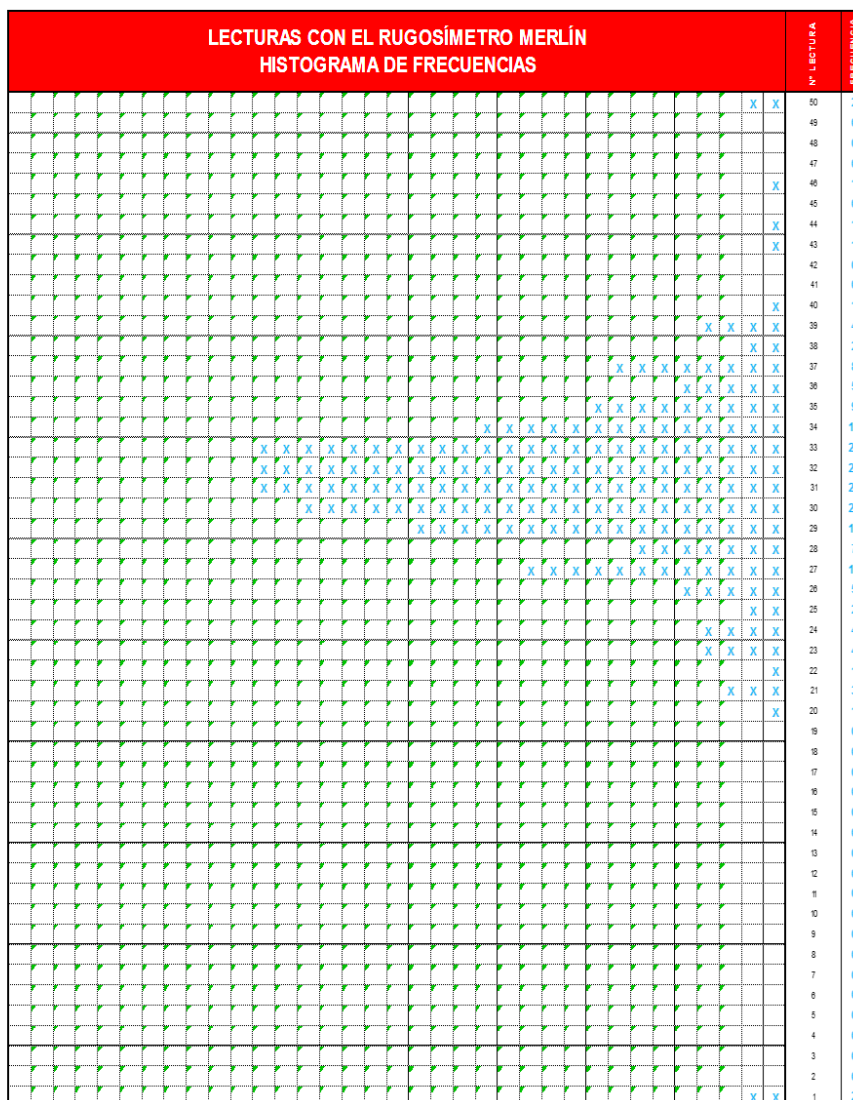
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (E_i + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 E_i = EXTREMO INFERIOR CE = CENTRO ES = EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 0.73

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 81.250 mm
 RANGO CORREGIDO "D_{cr}": 59.313 mm
RUGOSIDAD IRI: 3.39 mKkm

Observaciones:



Nota: Elaboración propia

Figura 31

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 08

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TAGNA - 2020

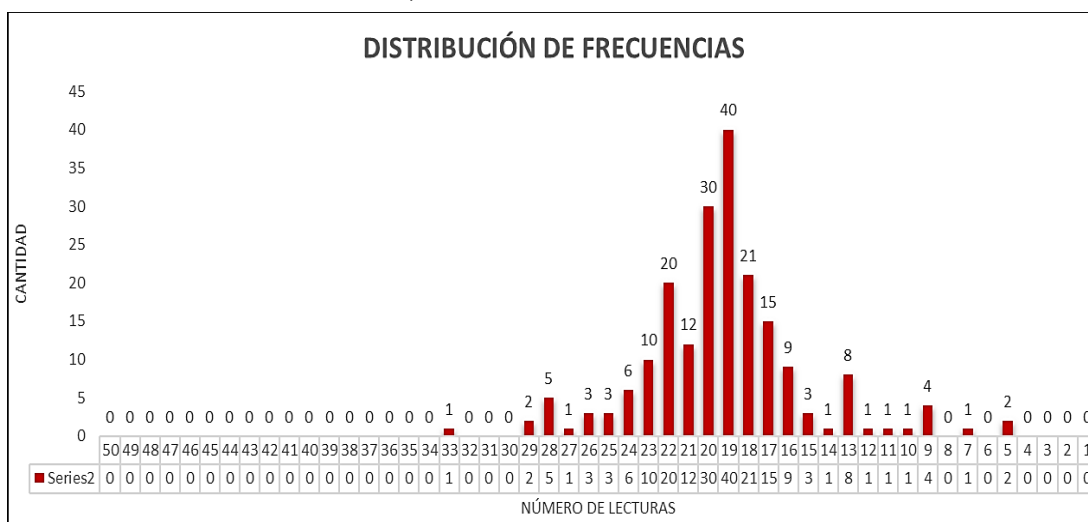
SECTOR: 0+2800 al 0+3200 **Nº DE ENSAYO:** 8
CARRIL: DERECHO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	29	32	34	37	34	32	32	31	30	38	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	26	32	32	32	29	33	33	36	27	26	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	28	30	32	28	28	33	28	33	27	27	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	32	33	30	28	35	32	32	38	22	32	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	44	27	33	34	31	32	25	27	23	29	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	25	29	33	32	31	33	38	30	32	32	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	46	28	29	29	32	29	33	35	29	34	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	22	35	31	31	35	29	30	33	34	33	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	46	35	32	31	34	32	32	39	33	29	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	32	33	32	31	28	34	30	34	29	31		
11	35	24	29	34	31	33	28	38	31	38		
12	18	30	30	31	34	29	29	42	38	23		
13	29	31	31	31	31	31	34	31	31	32		
14	23	27	30	31	32	38	35	38	32	32		
15	26	36	31	32	29	31	42	29	28	34		
16	32	32	31	40	34	23	30	23	34	31		
17	31	32	32	32	28	32	32	32	31	29		
18	33	32	32	31	32	32	25	35	29	33		
19	30	33	32	36	31	32	31	41	42	42		
20	30	33	33	35	31	34	29	33	31	33		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboracion propia

Figura 32

Distribución de frecuencias, tramo 08



Nota: Elaboración propia.

Figura 33

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo I, ensayo 8



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020						
TRAMO:	I	N° DE ENSAYO:	8	PROGRESIVA:	Km 2+800.00 al Km 3+200.00	CARRIL:	DERECHO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

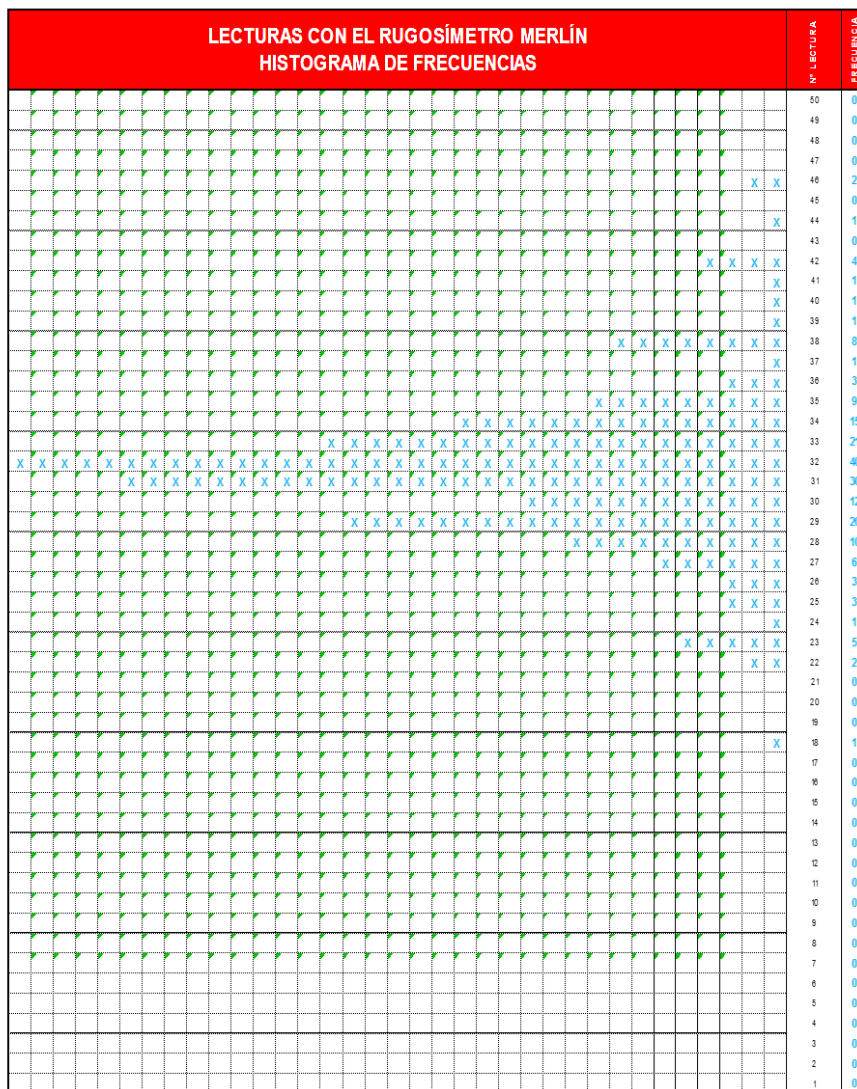
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN												
1	29	32	34	37	34	32	32	31	30	38		
2	26	32	32	32	29	33	33	36	27	26		
3	28	30	32	28	28	33	28	33	27	27		
4	32	33	30	28	35	32	32	38	22	32		
5	44	27	33	34	31	32	25	27	23	29		
6	25	29	33	32	31	33	38	30	32	32		
7	46	28	29	29	32	29	33	35	29	34		
8	22	35	31	31	35	29	30	33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

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 0.73

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI=EXTREMO INFERIOR CE=CENTRO ES=EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS	
Dato:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECIÓN:	0.73
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	73.333 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	53.533 mm
RUGOSIDAD IRI:	3.11 m/Km
Observaciones:	



Nota: Elaboración propia

CARRIL IZQUIERDO

Figura 34

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 01

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

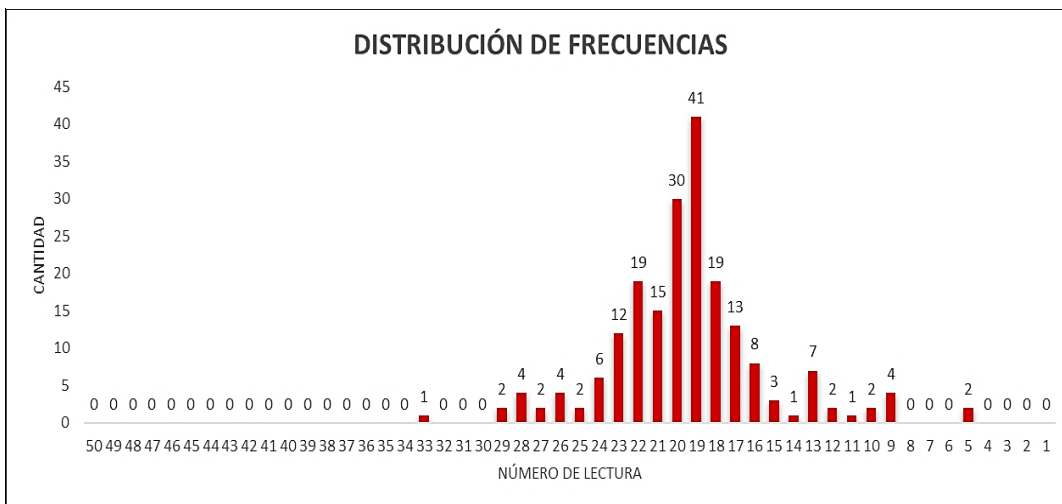
SECTOR: 0+000 al 0+400 N° DE ENSAYO: 1
 CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	32	31	33	36	33	31	30	32	30	37	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	29	32	32	32	29	33	32	30	27	26	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	26	30	32	28	33	28	33	27	28	27	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	32	33	30	28	35	32	32	38	22	32	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	28	27	33	28	31	32	25	27	23	29	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	42	29	33	34	31	33	38	30	32	32	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	25	28	29	32	32	29	33	35	29	34	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	46	28	31	29	35	29	30	33	34	33	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	22	35	32	31	34	32	32	39	33	29	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	46	35	32	31	28	34	30	34	29	31		
11	32	33	29	31	31	33	28	38	31	38		
12	35	24	30	31	34	29	29	42	38	23		
13	18	30	31	34	31	31	34	31	31	32		
14	29	31	30	31	32	38	35	38	32	32		
15	24	27	31	31	39	31	42	29	28	34		
16	25	36	31	31	34	23	30	23	34	31		
17	32	32	32	32	28	32	32	32	31	29		
18	30	32	32	40	32	32	25	32	29	33		
19	32	33	32	32	31	32	31	35	42	41		
20	30	33	33	36	31	34	29	41	31	30		

Nota: Elaboracion propia

Figura 35

Distribución de frecuencias, tramo 01



Nota: Elaboración propia.

Figura 36

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo II, ensayo 1



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	1	PROGRESIVA:	Km 0+0.00 al Km 0+400.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

LECTURA INICIAL: 32
 LECTURA FINAL: 20

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

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C.= 1.03

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (E1 + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 E1=EXTREMO INFERIOR, CE=CENTRO, ES=EXTREMO SUPERIOR.

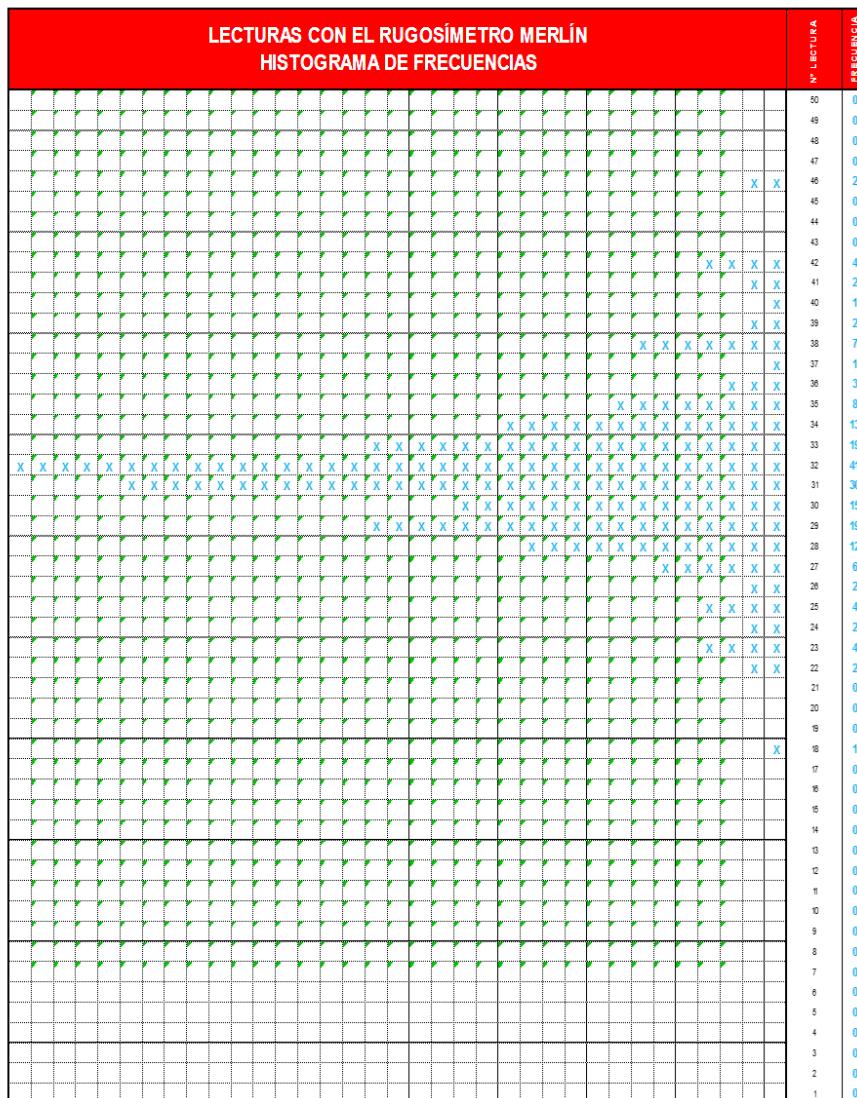
CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm} \quad D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D \quad IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.03

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 73.750 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 75.963 mm

RUGOSIDAD IRI: 4.17 m/Km

Observaciones:



Nota: Elaboración propia

Figura 37

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 02

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: **ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020**

SECTOR: 0+400 al 0+800 N° DE ENSAYO: 2

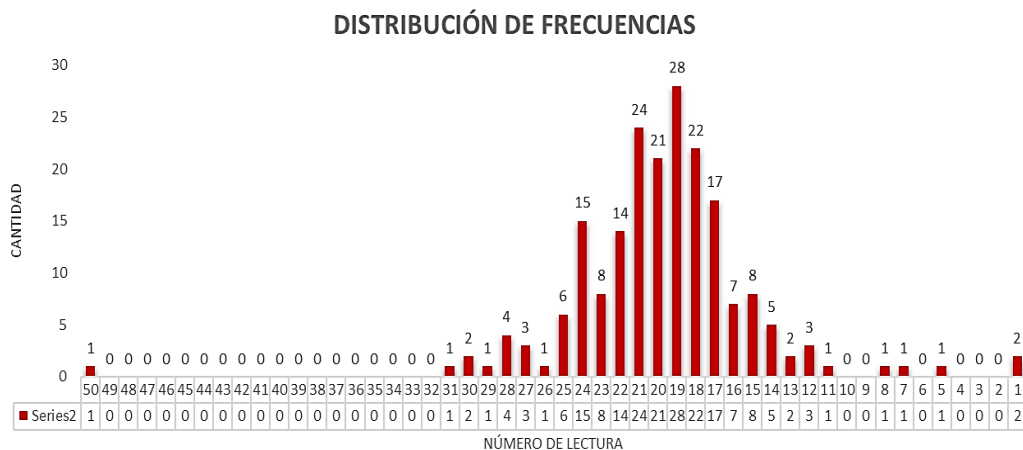
CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	27	32	33	36	33	34	32	27	28	31	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	23	38	28	23	31	32	32	31	27	37	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	32	23	29	35	32	25	32	38	32	44	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	22	34	33	26	33	32	30	24	30	31	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	30	20	26	29	34	29	33	32	27	30	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	27	24	21	30	33	34	30	32	33	30	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	29	21	28	27	32	27	34	34	34	32	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	31	34	35	36	31	33	23	31	30	27	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	32	34	26	35	29	27	30	27	32	34	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	31	29	33	36	31	26	33	0	30	50		
11	28	29	34	32	27	33	39	37	30	31		
12	33	32	34	32	26	31	34	32	34	32		
13	30	46	35	35	31	33	31	26	30	32		
14	31	39	33	31	31	30	31	27	32	33		
15	39	31	50	33	34	24	35	27	37	34		
16	29	36	28	30	37	40	33	29	34	36		
17	34	32	32	32	36	30	29	28	30	36		
18	29	29	43	31	27	33	29	32	33	33		
19	37	31	30	30	28	30	28	32	30	33		
20	27	30	36	30	29	31	32	33	35	30		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboracion propia

Figura 38

Distribución de frecuencias, tramo 02



Nota: Elaboración propia.

Figura 39

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo II, ensayo 2



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	2	PROGRESIVA:	Km 0+400.00 al Km 0+800.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

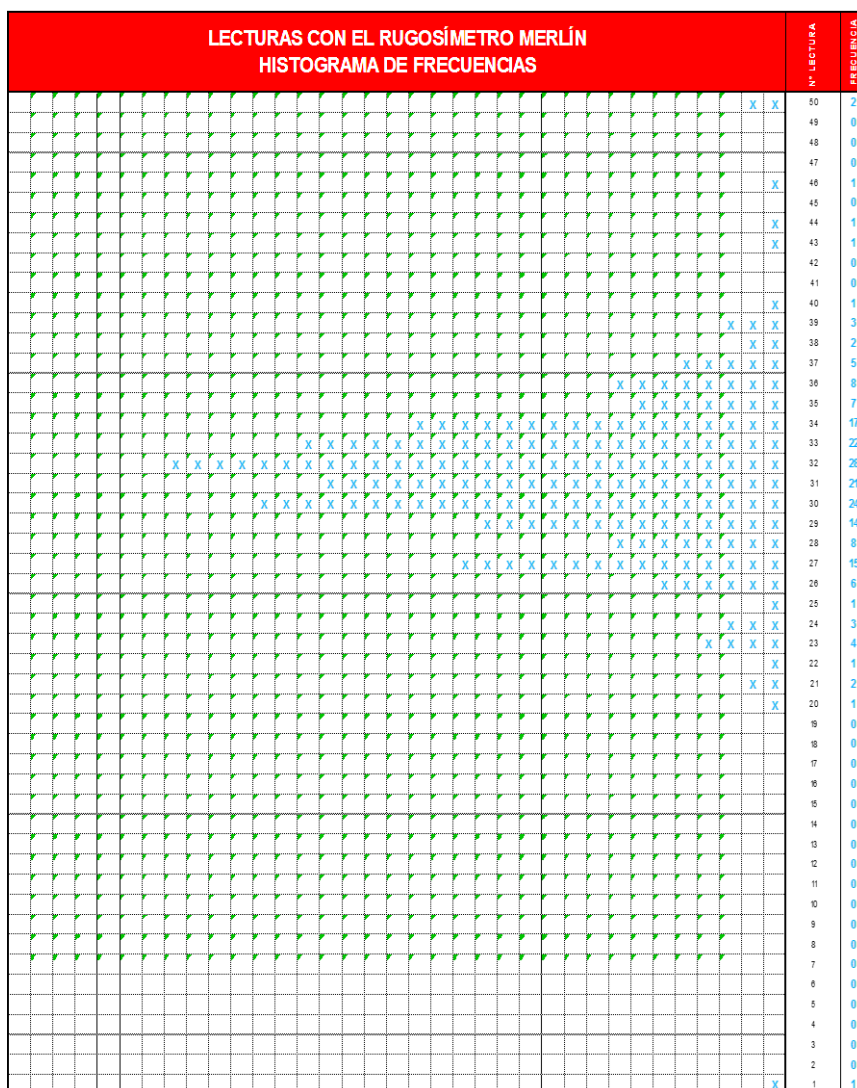
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	27	32	33	36	33	34	32	27	28	31
2	23	38	28	23	31	32	32	31	27	37
3	32	23	29	35	32	25	32	38	32	44
4	22	34	33	26	33	32	30	24	30	31
5	30	20	26	29	34	29	33	32	27	30
6	27	24	21	30	33	34	30	32	33	30
7	29	21	28	27	32	27	34	34	34	32
8	31	34	35	36	31	33	23	31	30	27
9	32	345	26	35	29	27	30	27	32	34
10	31	29	33	36	31	26	33	0	30	50
11	28	29	34	32	27	33	39	37	30	31
12	33	32	34	32	26	31	34	32	34	32
13	30	46	35	35	31	33	31	26	30	32
14	31	39	33	31	31	30	31	27	32	33
15	39	31	50	33	34	24	35	27	37	34
16	29	36	28	30	37	40	33	29	34	36
17	34	32	32	32	36	30	29	28	30	36
18	29	29	43	31	27	33	29	32	33	33
19	37	31	30	30	28	30	28	32	30	33
20	27	30	36	30	29	31	32	33	35	30

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.03

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (E + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 E=EXTREMO INFERIOR CE=CENTRO ES=EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 D > 40 mm D < 40 mm
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS	
Dato:	
NÚMERO DE DATOS:	199.00
DATOS DESCARTADOS:	19.90
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECCIÓN:	1.03
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	73.333 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	75.533 mm
RUGOSIDAD IRI:	4.15 m/Km
Observaciones:	



Nota: Elaboración propia

Figura 40

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 03

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD
 PROYECTO: VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

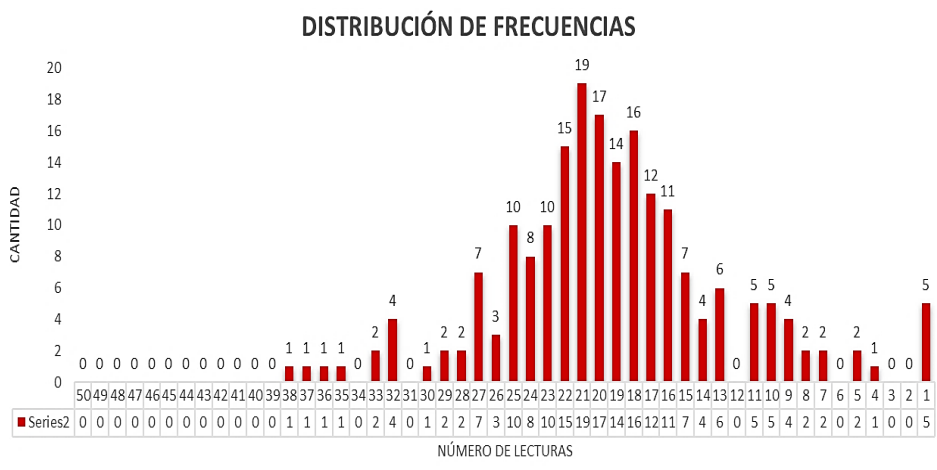
SECTOR: 0+800 al 0+1200 Nº DE ENSAYO: 3
 CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	31	34	31	34	19	32	15	24	41	50	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	32	31	32	37	27	28	40	36	46	31	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	46	28	28	19	41	31	18	26	35	30	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	31	31	31	35	44	25	31	27	24	31	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	32	30	28	47	35	25	42	29	33	26	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	30	30	29	18	13	34	43	24	32	24	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	31	30	30	29	30	29	27	33	36	34	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	31	31	38	30	29	27	33	37	33	26	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	32	31	27	31	26	34	24	23	29	32	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	30	32	35	50	50	42	42	24	26	29		
11	33	32	26	32	31	22	37	31	30	38		
12	34	33	35	50	30	29	40	29	33	28		
13	33	32	32	42	16	38	38	30	30	26		
14	30	29	40	35	29	29	28	35	34	33		
15	32	40	34	34	33	36	28	28	35	28		
16	33	33	33	25	38	27	30	36	27	28		
17	29	26	35	21	14	19	19	30	30	41		
18	30	36	33	24	22	27	44	34	29	34		
19	30	32	26	23	41	35	35	38	41	43		
20	36	33	37	50	26	34	36	33	29	40		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboracion propia

Figura 41

Distribución de frecuencias, tramo 03



Nota: Elaboración propia.

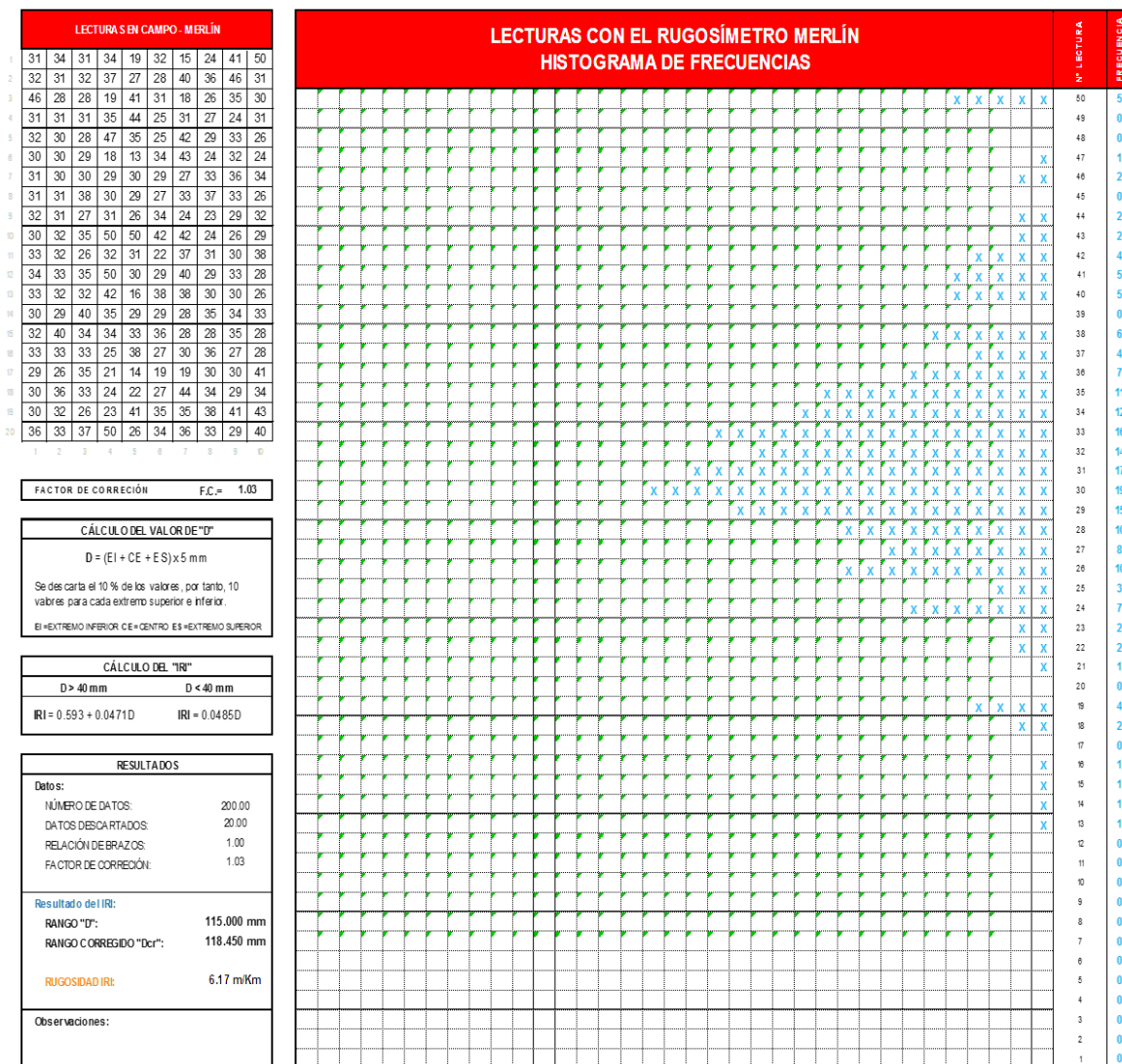
Figura 42

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo II, ensayo 3



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	3	PROGRESIVA:	Km 0+800.00 al Km 1+200.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA



Nota: Elaboración propia

Figura 43

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 04

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

SECTOR: 0+1200 al 0+1600 **Nº DE ENSAYO:** 4

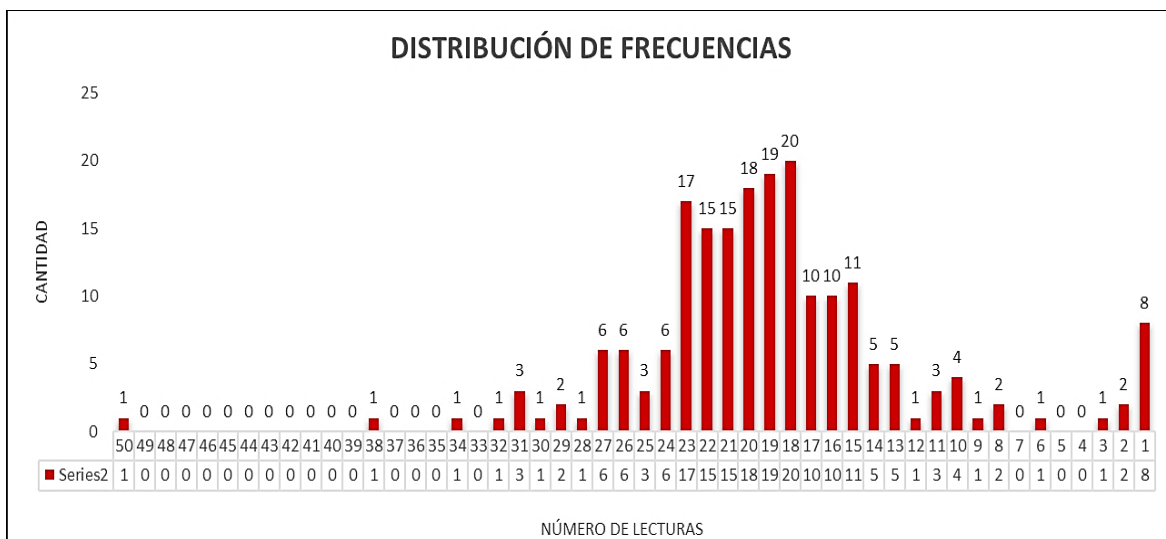
CARRIL: IZQUIERDO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	49	30	31	35	32	30	41	33	34	30	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	35	33	27	35	32	32	31	33	36	30	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	29	29	23	36	31	30	32	30	31	34	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	26	24	35	42	36	33	25	33	28	31	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	13	28	28	39	24	31	50	34	28	33	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	0	19	32	40	35	50	28	32	32	29	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	50	36	40	38	34	50	20	28	30	33	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	33	35	50	38	29	25	40	29	36	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	28	26	28	43	32	36	36	32	31	31	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	32	41	37	34	25	50	48	33	28	28		
11	27	36	33	28	35	35	37	33	33	36		
12	28	50	26	38	32	34	29	34	29	33		
13	43	49	21	29	38	37	27	30	32	28		
14	32	30	34	27	32	25	30	32	24	30		
15	41	31	33	33	34	30	17	28	32	31		
16	35	38	30	25	24	31	20	32	28	33		
17	41	29	50	28	24	31	20	31	31	29		
18	29	37	29	29	25	45	22	31	33	36		
19	30	36	27	32	22	35	24	28	31	34		
20	27	31	33	29	37	33	31	32	33	30		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboración propia

Figura 44

Distribución de frecuencias, tramo 04.



Nota: Elaboración propia.

Figura 46

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 05

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

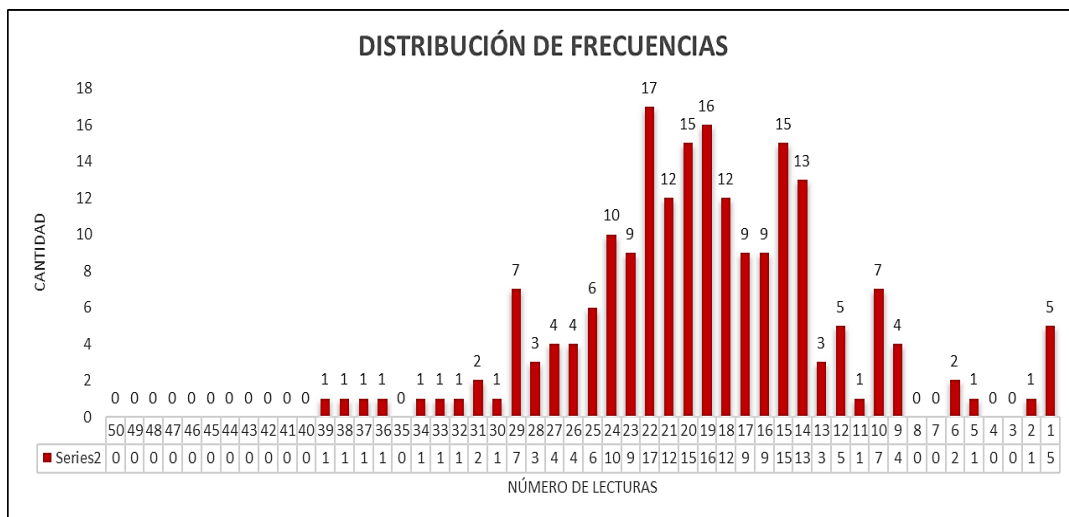
SECTOR: 0+1600 al 0+2000 Nº DE ENSAYO: 5
CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	34	24	12	21	32	33	31	29	25	37	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	34	28	35	35	45	29	32	23	38	37	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	33	32	30	45	30	36	35	50	49	35	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	36	17	31	32	42	38	36	24	25	40	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	31	33	41	20	24	30	30	25	28	42	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	32	27	35	41	36	29	29	18	41	36	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	33	29	29	27	35	28	36	24	42	30	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	34	36	36	26	32	37	30	28	26	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	34	37	26	39	31	31	30	50	22	25	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	32	33	35	23	41	29	29	50	13	19		
11	28	37	34	39	31	31	30	50	22	37		
12	31	35	31	37	33	27	36	27	27	15		
13	31	34	36	36	32	29	33	37	36	46		
14	36	31	28	20	41	31	29	32	31	23		
15	32	29	27	32	22	32	41	33	30	27		
16	27	32	37	37	35	37	22	36	31	32		
17	29	29	28	32	34	39	34	26	14	30		
18	29	28	29	32	22	37	34	33	29	41		
19	31	30	42	33	39	22	27	33	50	27		
20	30	28	38	37	39	26	33	36	26	22		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboracion propia

Figura 47

Distribución de frecuencias, tramo 05



Nota: Elaboración propia.

Figura 48

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo II, ensayo 5



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	5	PROGRESIVA:	Km 1+600.00 al Km 2+000.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/09/2020	OPERADOR:	DKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN												
1	34	24	12	21	32	33	31	29	25	37		
2	34	28	35	35	45	29	32	23	38	37		
3	33	32	30	45	30	36	35	50	49	35		
4	36	17	31	32	42	38	36	24	25	40		
5	31	33	41	20	24	30	30	25	28	42		
6	32	27	35	41	36	29	29	18	41	36		
7	33	29	29	27	35	28	36	24	42	30		
8	34	36	36	26	32	37	30	28	26	29		
9	34	37	26	39	31	31	30	50	22	25		
10	32	33	35	23	41	29	29	50	13	19		
11	28	37	34	39	31	31	30	50	22	37		
12	31	35	31	37	33	27	36	27	27	15		
13	31	34	36	36	32	29	33	37	36	46		
14	36	31	28	20	41	31	29	32	31	23		
15	32	29	27	32	22	32	41	33	30	27		
16	27	32	37	37	35	37	22	36	31	32		
17	29	29	28	32	34	39	34	26	14	30		
18	29	28	29	32	22	37	34	33	29	41		
19	31	30	42	33	39	22	27	33	50	27		
20	30	28	38	37	39	26	33	36	26	22		

FACTOR DE CORRECIÓN F.C.= 1.03

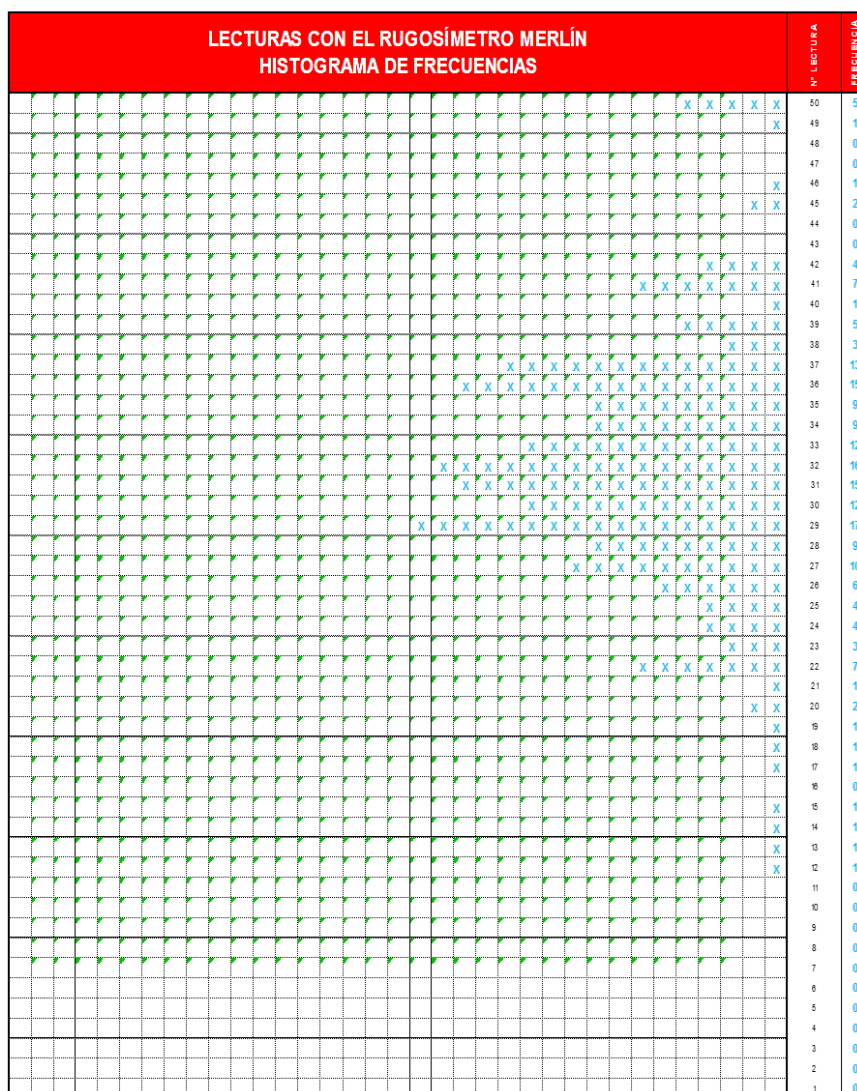
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10% de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI=EXTREMO INFERIOR CE=CENTRO ES=EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECIÓN: 1.03

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 105.000 mm
 RANGO CORREGIDO "Dα": 108.150 mm
 RUGOSIDAD IRI: 5.69 m/Km

Observaciones:



Nota: Elaboración propia

Figura 49

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 06

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

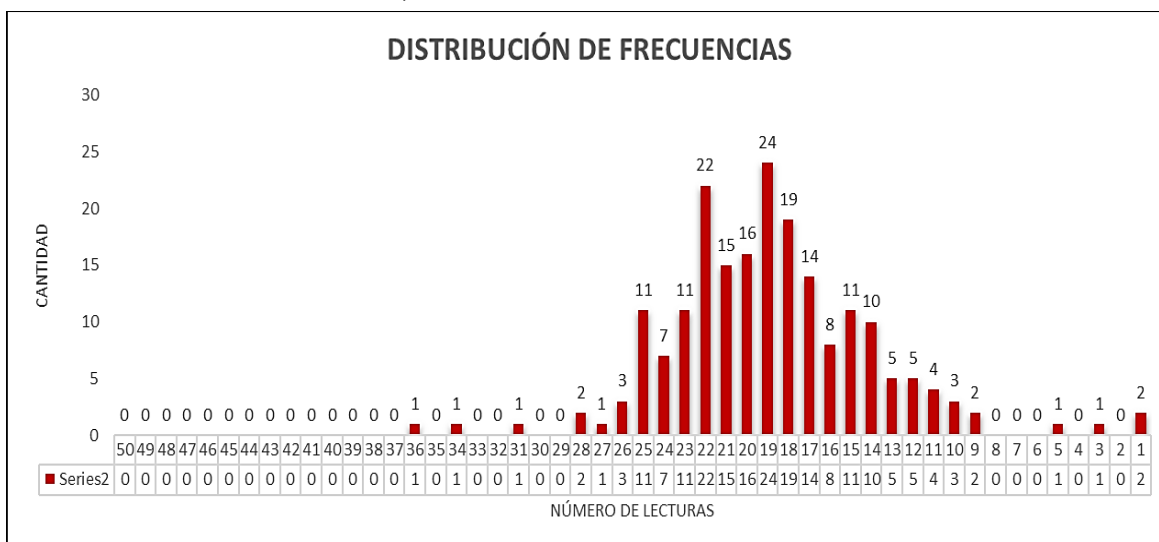
SECTOR: 0+2000 al 0+2400 N° DE ENSAYO: 6
 CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	32	32	29	30	34	33	38	34	35	30	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	30	27	31	28	33	39	37	37	29	46	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	17	34	34	32	28	36	28	26	29	26	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	35	20	27	38	34	30	31	41	33	28	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	33	26	31	37	28	26	29	29	34	27	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	35	37	32	25	29	37	34	33	33	31	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	31	35	29	33	39	28	32	31	32	36	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	27	31	26	26	27	29	39	34	28	30	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	32	25	33	50	33	23	26	29	31	32	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	29	29	34	42	36	32	26	36	37	31		
11	32	39	29	29	38	30	26	34	28	28		
12	30	32	41	33	33	29	29	33	37	27		
13	30	32	33	34	36	36	26	33	40	33		
14	36	31	40	38	36	32	32	29	31	29		
15	32	32	39	36	30	42	34	30	40	40		
16	32	35	50	33	30	35	38	29	31	35		
17	24	29	25	37	29	33	29	28	32	31		
18	31	41	15	37	29	30	34	37	30	31		
19	32	31	23	34	28	36	32	32	35	32		
20	33	32	48	30	27	36	32	26	33	30		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboracion propia

Figura 50

Distribución de frecuencias, tramo 06



Nota: Elaboración propia.

Figura 51

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo II, ensayo 6



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO:	ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020						
TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	6	PROGRESIVA:	Km 2+000.00 al Km 2+400.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	32	32	29	30	34	33	38	34	35	30
2	30	27	31	28	33	39	37	37	29	46
3	17	34	34	32	28	36	28	26	29	26
4	35	20	27	38	34	30	31	41	33	28
5	33	26	31	37	28	26	29	29	34	27
6	35	37	32	25	29	37	34	33	33	31
7	31	35	29	33	39	28	32	31	32	36
8	27	31	26	25	27	29	39	34	28	30
9	32	25	33	50	33	23	26	29	31	32
10	29	29	34	42	36	32	26	36	37	31
11	32	39	29	29	36	30	26	34	28	28
12	30	32	41	33	33	29	29	33	37	27
13	30	32	33	34	36	36	26	33	40	33
14	36	31	40	38	36	32	32	29	31	29
15	32	32	39	36	30	42	34	30	40	40
16	32	35	50	33	30	35	38	29	31	35
17	24	29	25	37	29	33	29	28	32	31
18	31	41	15	37	29	30	34	37	30	31
19	32	31	23	34	28	36	32	32	35	32
20	33	32	48	30	27	36	32	26	33	30

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C.= 1.03

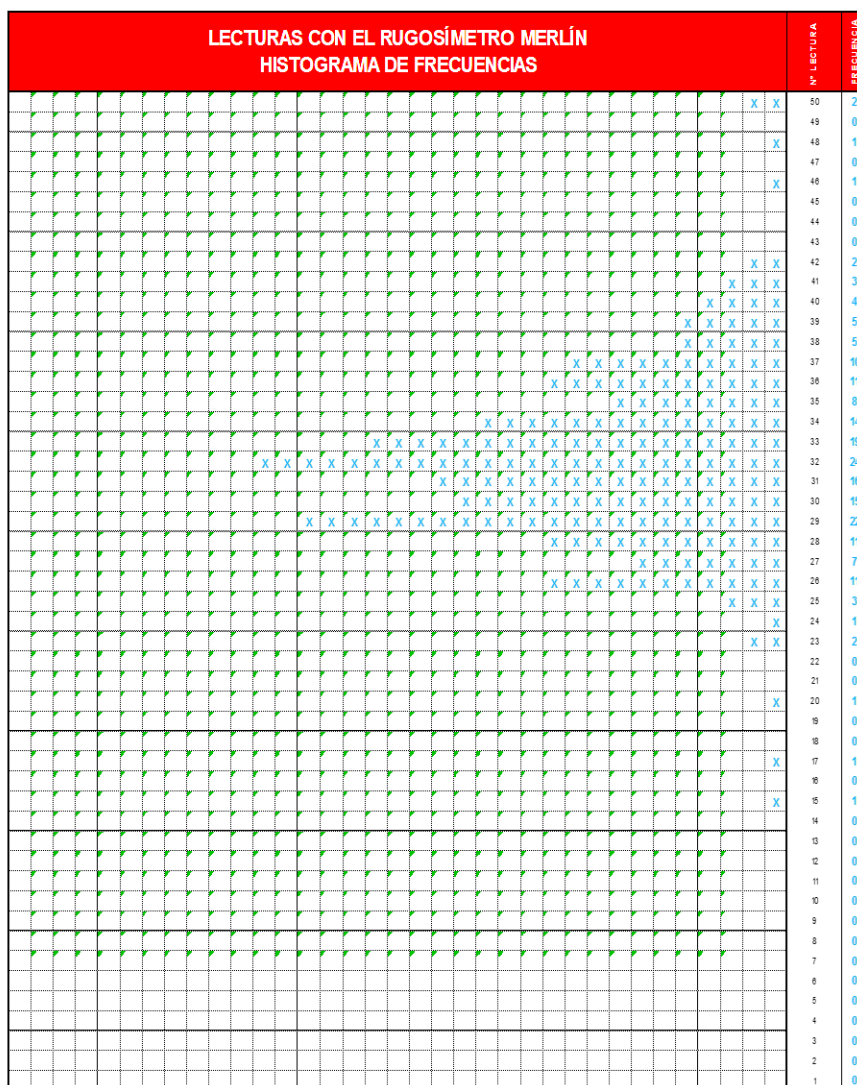
CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (E1 + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10% de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 E1=EXTREMO INFERIOR CE=CENTRO ES=EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 IRI = 0.693 + 0.0471D IRI = 0.0485D

RESULTADOS
 Datos:
 NÚMERO DE DATOS: 200.00
 DATOS DESCARTADOS: 20.00
 RELACIÓN DE BRAZOS: 1.00
 FACTOR DE CORRECCIÓN: 1.03

Resultado del IRI:
 RANGO "D": 74.545 mm
 RANGO CORREGIDO "Dcr": 76.782 mm
RUGOSIDAD IRI: 4.21 m/Km

Observaciones:



Nota: Elaboración propia

Figura 52

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 07

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: ANALISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

SECTOR: 0+2400 al 0+2800 **Nº DE ENSAYO:** 7

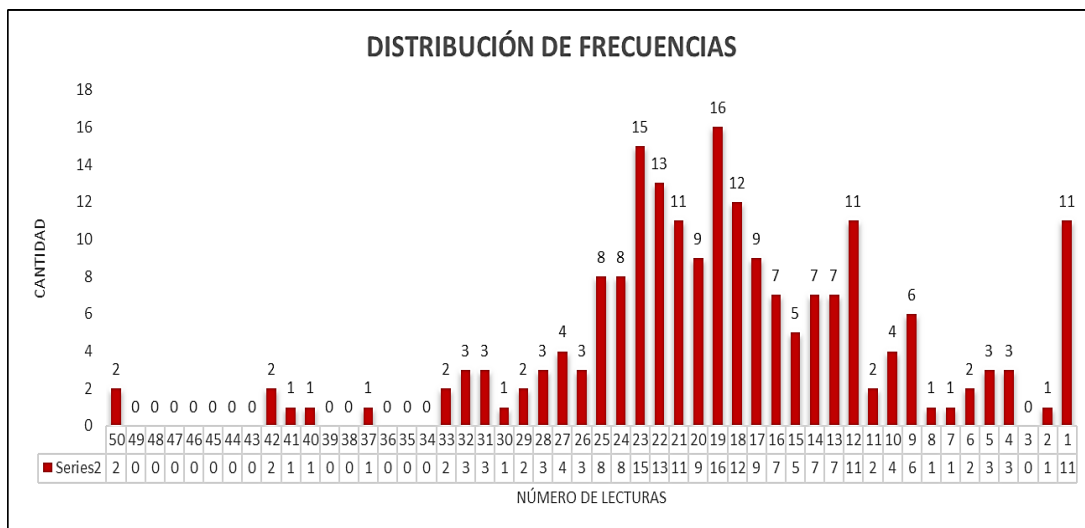
CARRIL: IZQUIERDO **FECHA:** 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN											TIPO DE PAVIMENTO:	
1	33	40	26	24	38	39	31	32	36	28	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	32	27	34	22	29	28	34	32	33	33	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	29	38	46	26	32	50	41	23	44	30	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	31	31	11	19	28	50	38	37	50	47	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	33	36	10	36	27	9	27	30	50	32	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	31	39	23	37	30	0	35	25	31	28	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	50	32	14	25	38	39	46	32	42	39	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	29	39	45	46	34	9	31	31	30	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	33	31	32	29	33	50	29	42	26	33	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	50	26	19	33	29	19	40	28	30	24		
11	38	32	28	0	21	43	25	39	30	33		
12	20	38	29	50	35	37	50	34	32	34		
13	30	31	39	36	29	23	39	27	28	29		
14	45	24	32	50	36	42	28	35	27	29		
15	39	26	37	20	27	33	27	37	28	50		
16	29	18	30	20	32	39	28	37	35	42		
17	29	32	30	28	34	34	30	22	28	33		
18	32	34	37	30	41	47	41	47	28	28		
19	26	24	27	38	42	35	26	34	33	41		
20	28	18	39	32	49	26	35	42	35	32		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboracion propia

Figura 53

Distribución de frecuencias, tramo 07



Nota: Elaboración propia.

Figura 55

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 08

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
 HOJA DE CAMPO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

PROYECTO: **ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020**

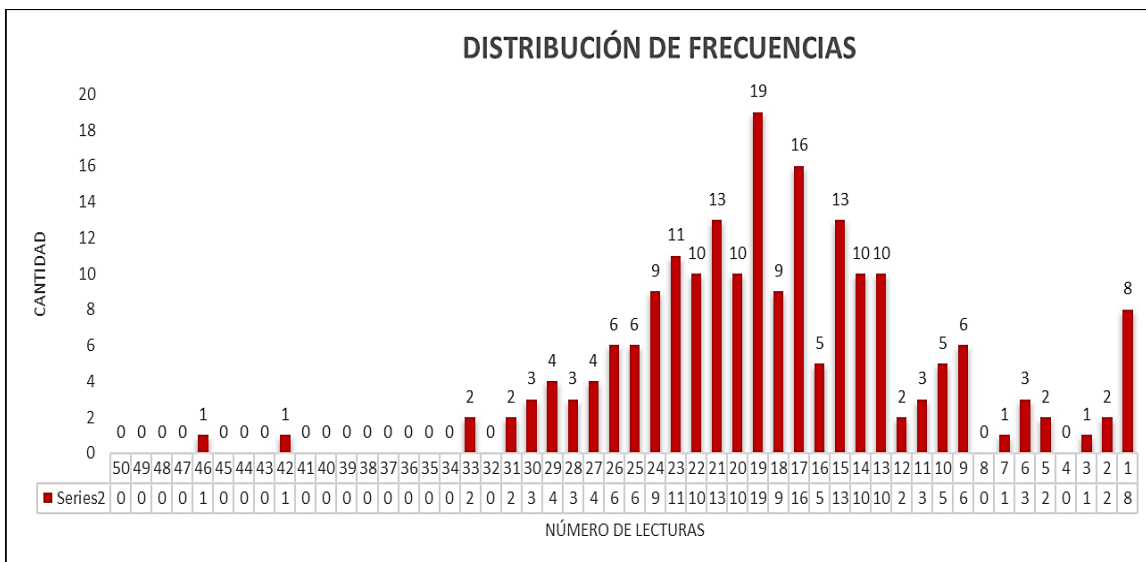
SECTOR: 0+2800 al 0+3200 Nº DE ENSAYO: 8
 CARRIL: IZQUIERDO FECHA: 15/08/2020

LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:		
1	40	24	32	45	38	42	5	30	27	21	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
2	32	30	25	25	36	45	33	32	36	23	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
3	41	31	33	27	33	28	22	37	46	21	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
4	24	28	36	38	36	48	32	30	24	38	TRAT. EN CAPA	<input type="checkbox"/>
5	20	18	46	28	36	31	38	36	29	37	CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
6	32	35	29	49	28	30	30	32	34	39	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
7	33	32	37	37	31	28	34	27	22	30	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
8	36	29	32	30	44	29	23	29	34	29	SELLO	<input type="checkbox"/>
9	28	24	41	34	32	18	40	34	50	35	OTROS	<input type="checkbox"/>
10	28	33	30	34	20	31	27	38	41	29		
11	33	31	34	30	32	37	22	37	39	25		
12	22	32	34	50	29	35	28	23	27	27		
13	35	26	42	42	30	25	32	50	49	32		
14	28	42	28	45	34	32	26	26	41	37		
15	40	38	37	30	27	34	34	34	50	34		
16	29	35	36	36	32	32	42	32	36	34		
17	31	27	33	33	33	37	50	36	25	50		
18	31	36	30	32	37	31	25	27	38	31		
19	38	34	26	50	31	26	50	21	30	28		
20	38	29	34	32	26	36	9	42	41	38		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Nota: Elaboración propia

Figura 56

Distribución de frecuencias, tramo 08



Nota: Elaboración propia.

Figura 57

Resultados del cálculo de la rugosidad con MERLIN, tramo II, ensayo 8



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO - MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

PROYECTO: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020

TRAMO:	II	N° DE ENSAYO:	8	PROGRESIVA:	Km 2+800.00 al Km 3+200.00	CARRIL:	IZQUIERDO
LONGITUD:	3330.00 m	FECHA:	15/08/2020	OPERADOR:	DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO	AUXILIAR:	ERICK JHON FLORES JARA

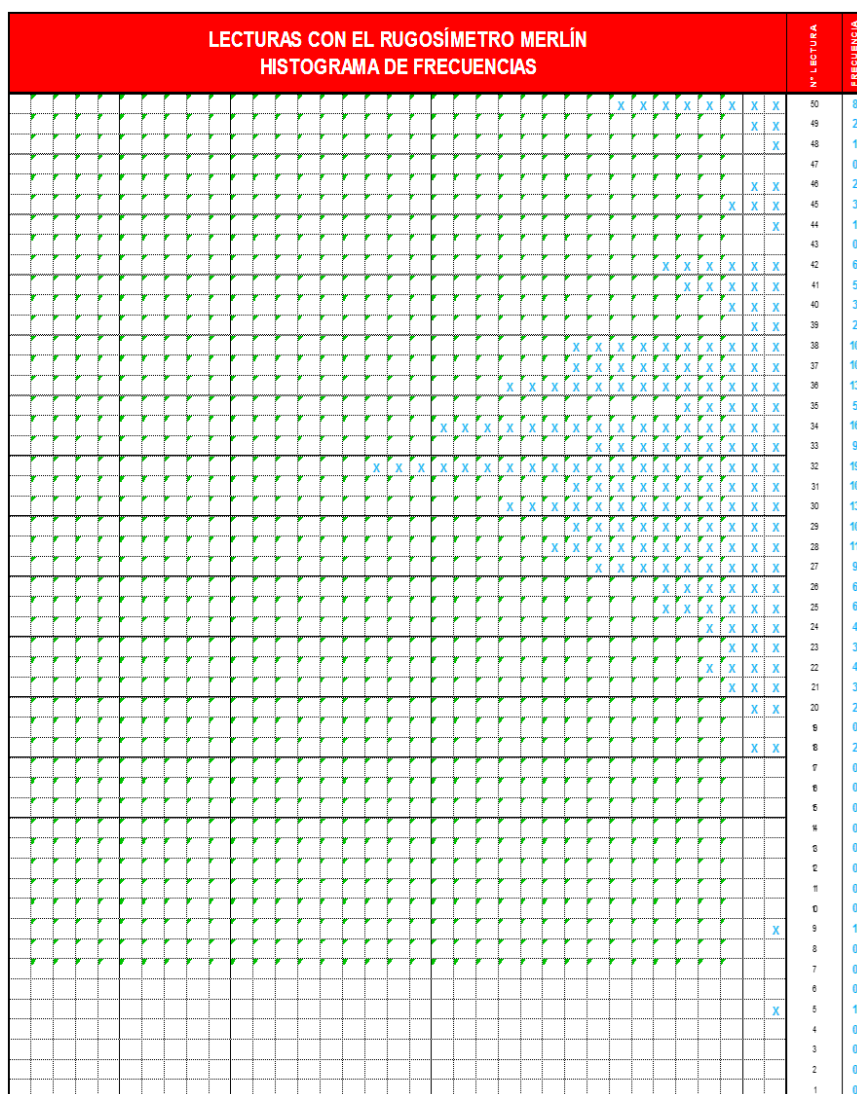
LECTURAS EN CAMPO - MERLIN										
1	40	24	32	45	38	42	5	30	27	21
2	32	30	25	25	36	45	33	32	36	23
3	41	31	33	27	33	28	22	37	46	21
4	24	28	36	38	36	48	32	30	24	38
5	20	18	46	28	36	31	38	36	29	37
6	32	35	29	49	28	30	30	32	34	39
7	33	32	37	37	31	28	34	27	22	30
8	36	29	32	30	44	29	23	29	34	29
9	28	24	41	34	32	18	40	34	50	35
10	28	33	30	34	20	31	27	38	41	29
11	33	31	34	30	32	37	22	37	39	25
12	22	32	34	50	29	35	28	23	27	27
13	35	26	42	42	30	25	32	50	49	32
14	28	42	28	45	34	32	26	26	41	37
15	40	38	37	30	27	34	34	34	50	34
16	29	35	36	36	32	32	42	32	36	34
17	31	27	33	33	33	37	50	36	25	50
18	31	36	30	32	37	31	25	27	38	31
19	38	34	26	50	31	26	50	21	30	28
20	38	29	34	32	26	36	9	42	41	38

FACTOR DE CORRECCIÓN F.C.= 1.03

CÁLCULO DEL VALOR DE "D"
 $D = (EI + CE + ES) \times 5 \text{ mm}$
 Se descarta el 10 % de los valores, por tanto, 10 valores para cada extremo superior e inferior.
 EI=EXTREMO INFERIOR CE=CENTRO ES=EXTREMO SUPERIOR

CÁLCULO DEL "IRI"
 $D > 40 \text{ mm}$ $D < 40 \text{ mm}$
 $IRI = 0.593 + 0.0471D$ $IRI = 0.0485D$

RESULTADOS	
Datos:	
NÚMERO DE DATOS:	200.00
DATOS DESCARTADOS:	20.00
RELACIÓN DE BRAZOS:	1.00
FACTOR DE CORRECCIÓN:	1.03
Resultado del IRI:	
RANGO "D":	128.750 mm
RANGO CORREGIDO "Dcr":	132.613 mm
RUGOSIDAD IRI:	6.84 m/Km
Observaciones:	



Nota: Elaboración propia

CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR RUGOSIDAD UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN

Los resultados obtenidos del IRI en promedio del carril derecho es igual a 4.38 m/km y en el carril izquierdo es igual a 5.71 m/km, por lo que de acuerdo al resultado ponderado del IRI podemos calificar el estado del pavimento flexible como MALO con un valor IRI = 5.05 m/km, de una longitud de 3,330.00 metros por calzada y una sección variable de 6.60 m. a 7.20 m. con la investigación se determinó el estado del pavimento flexible aplicando los resultados de cada tramo para indicar que existen tramos de mayor deterioro, tales como en el tramo de la avenida Tarapacá con avenida Bolognesi en lo determina el estado MALO y en el tramo de la avenida Bolognesi con la avenida Jorge Basadre Grohmann un estado REGULAR.

Tabla 5

Resumen de resultados de la rugosidad.

CUADRO RESUMEN DE LA RUGOSIDAD					
CARRIL DERECHO			CARRIL IZQUIERDO		
PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	ESTADO DEL PAVIMENTO	PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	ESTADO DEL PAVIMENTO
0+000 al 0+400	5.19	Malo	0+000 al 0+400	4.17	Regular
0+400 al 0+800	5.92	Malo	0+400 al 0+800	4.15	Regular
0+800 al 1+200	3.52	Regular	0+800 al 1+200	6.17	Malo
1+200 al 1+600	4.20	Regular	1+200 al 1+600	6.41	Malo
1+600 al 2+000	5.01	Malo	1+600 al 2+000	5.69	Malo
2+000 al 2+400	4.72	Malo	2+000 al 2+400	4.21	Regular
2+400 al 2+800	3.39	Regular	2+400 al 2+800	8.03	Malo
2+800 al 3+200	3.11	Regular	2+800 al 3+200	6.84	Malo
	4.38			5.71	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 6

Estado del pavimento

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: (Alvarenga, 2002).

Con los resultados ponderados de carril derecho e izquierdo evaluado en la avenida Gustavo Pinto podemos obtener un ponderado de ambos carriles IRI igual a 5.05 m/km, este valor final nos ayuda a calificar el estado del pavimento flexible de toda la avenida, definiéndose en nuestra investigación como MALO.

Tabla 7

Resultados de IRI promedio

IRI PROMEDIO:	5.05	m/km
ESTADO DEL PAVIMENTO:	MALO	

Nota: Elaboracion propia

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

DETERMINACION DEL NIVEL DE TRANSITABILIDAD

Luego de el analisis de todos los resultados y el IRI ponderado de la rugosidad, se obtiene la calificación de la TRANSITABILIDAD que brinda la avenida Gustavo Pinto en el momento de la investigación, para ello se toma el valor determinado del PSI en base al IRI ponderado con la ecuación de William Paterson, D.Dejusin y A. Arroyo de cuyo resultado se obtiene el valor de PSI = 1.987, por lo que califica como una TRANSITABILIDAD MALA.

WILLIAM PATERSON 1987

$$\text{PSI} = 5.85 - 1.68(\text{IRI}^{0.5}) \quad (4)$$

WILLIAM PATERSON 1987

$$\text{PSI} = 4.182 - 0.455(\text{IRI}) \quad (5)$$

D.DUJISIN Y ARROYO 1995

$$\text{PSI} = \frac{5}{\text{IRI}^{5.5}} \quad (6)$$

Procedemos a reemplazar el dato IRI promedio 5.05 m/km y obtenemos un PSI

promedio de 1.987 que nos indica que el pavimento se encuentra en una clasificación MALA.

Tabla 8

Calificación de la transitabilidad.

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

Nota: (Sachún, 2016).

Tabla 9

Resultados de Transitabilidad

IRI	5.05	m/km
Conversión a PSI en función del IRI	1.987	
Clasificación del PSI	TRANSITABILIDAD MALA	

Nota: Elaboracion Propia

CONCLUSIONES

1. La presente tesis de investigación cumple con determinar el análisis funcional del pavimento flexible mediante el cálculo de la rugosidad utilizando el rugosímetro de MERLIN, cuyos datos influyen negativamente en la calificación del pavimento y la transitabilidad respectiva en la avenida Gustavo Pinto.
2. Se identificaron los resultados de la rugosidad de los carriles derecho e izquierdo, considerando su ponderado es igual a 4.38 m/km y 5.71 m/km, cuyos valores permiten calificar el análisis funcional del pavimento flexible de la avenida Gustavo Pinto, carril derecho estado del pavimento REGULAR y el carril izquierdo estado de pavimento MALO.
3. Con los resultados ponderados de carril derecho e izquierdo evaluado en la avenida Gustavo Pinto podemos obtener un ponderado de ambos carriles, cuyo IRI es igual a 5.05 m/km, este valor final nos ayuda a calificar el estado del pavimento flexible de toda la avenida, definiéndose en nuestra investigación como MALO.
4. Se determinó el índice de rugosidad internacional, el IRI ponderado, el cual califica la transitabilidad que brinda la avenida Gustavo Pinto en el momento de la investigación, para ello se determinó un valor del PSI en base al IRI ponderado utilizando la ecuación de William Paterson, cuyo resultado obtenido es $PSI = 2.00$, por lo que califica como una TRANSITABILIDAD MALA .

RECOMENDACIONES

1. Se recomendará a las entidades publicas considerar los resultados del análisis funcional del pavimento flexible, contenidos en la presente investigación, datos que se pueden utilizar para la elaboracion de planes de mantenimiento, proyectos de rehabilitación y proyectos de reconstrucción, con el único objetivo de garantizar un flujo libre vehicular, confort y comodidad para los conductores por la vía.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos de la rugosidad en los carriles de la avenida Gustavo Pinto, se recomendará a las entidades responsables, realizar una rehabilitación y/o una reconstrucción parcial el tramo entre la avenida Tarapacá y la avenida Bolognesi, mientras que el tramo de la avenida Bolognesi y la avenida Jorge Basadre Grohmann un tratamiento superficial a nivel de bicapa, a nivel de carpeta asfáltica.
3. Se recomendará, que para la evaluación de un pavimento flexible utilizando el método de rugosidad con MERLIN, deben realizarse con equipo calibrado, personal capacitado, especializado y responsable para la fácil identificación y obtención de datos en campo. Para usar los resultados en la calificación del estado del pavimento flexible.
4. Para los trabajos de reconstrucción se recomendará realizar reforzamiento en algunas zonas, la subrasante y para el resto de los tramos evaluados cambio de la carpeta asfáltica, para ello pueden utilizar los resultados obtenidos en la presente investigación, con el unico objetivo de mejorar la transitabilidad en la avenida Gustavo Pinto.

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.
- 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.
- Arriaga Patiño, M. (1998). *Indice Internacional de Rugosidad en la Red carretera*. Queretano, Mexico: Publicación Tecnica N° 118.
- Del Aguila Rodriguez, P. (1999). *Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad*. Merliner.
- 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 avenida Perú del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho-2016*. Huamanga: Universidad Católica los Angeles Chimbote.
- Junai Uddio, M. (2015). *Pavement performance measures using Android based Smartphone application*. India: Universidad de Osmania.
- Mellis, M. J. (1992). *Calculo del IRI de una carretera a partir de su perfil longitudinal*. Madrid, España: Revista Rutas pag 33-45.
- Montoya Goicochea, J. (2013). *Analisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú*. Piura-Perú: Universidad de Piura.
- Pari Luque. (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.
- Sachún, J. (2016). *Estudio del Indice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.

- Sanchez, I. (1989). *Revista de Ingeniería de Construcción N° 6*. Santiago-Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Sayers, M. (1990). Washington, USA: Banco Mundial Technical Paper.
- Sayers, M. (1990). *Guidelines for conducting and calibrating road roughness*.
- Sayers, M. W. (1989). Washington, USA: Transportation Research Board.
- Sayers, Michel; Karamihas, Steven. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Washington, USA.
- Sayers, T. (1982). *The International Road Roughness Experiment*. Washington, USA: Banco Mundial Technical Paper.
- Shahin, M. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots*. USA: Springer Science + Business Media. LLC 2° Edición.
- Sologorre Huayta, J. D. (2005). *Evaluación de la rugosidad de Pavimentos con uso del BUMP Integrator*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales: INGEPAV.
- 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.
- Zapata, A. (2017). *Determinación y evaluación de las patologías del pavimento 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.

ANEXOS

ANEXO 1.- FORMATO MERLIN: HOJA DE REGISTRO EN CAMPO

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

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
 SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
 TRAMO : _____ FECHA : _____
 CARRIL : _____

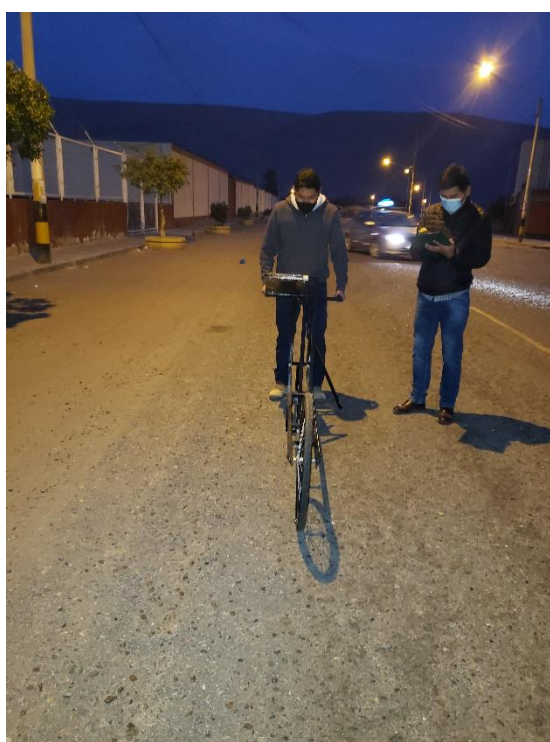
ENSAYO N° KM + HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											
3											ASFUMADO <input type="checkbox"/>
4											
5											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6											
7											BASE IMPERMEADA <input type="checkbox"/>
8											
9											TRAT. MECAN. <input type="checkbox"/>
10											
11											CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
12											
13											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14											
15											RECAPAS ASFALTICAS <input type="checkbox"/>
16											
17											OTRO <input type="checkbox"/>
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

ANEXO 2.- PANEL FOTOGRAFICO – RUGOSIMETRO DE MERLIN

Fotografías: Obtención de datos de campo utilizando el rugosímetro de MERLIN, operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anote, debe elegir un tramo de 400 m de longitud. Carril derecho, inicio en la Av. Tarapacá hasta intersección con Av Circunvalacion Sur.



Fotografías: Obtención de datos de campo utilizando el rugosímetro de MERLIN, operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anote, debe elegir un tramo de 400 m de longitud. Carril derecho, inicio en la Av. Tarapacá hasta intersección con Av Circunvalación Sur.



Fotografías: Obtención de datos de campo utilizando el rugosímetro de MERLIN, operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anote, debe elegir un tramo de 400 m de longitud. Carril derecho, inicio en la Av. Industrial hasta intersección con Av Jorge Basadre Grohman



Fotografías: Obtención de datos de campo utilizando el rugosímetro de MERLIN, operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anote, debe elegir un tramo de 400 m de longitud. Carril derecho, inicio en la Av. Augusto B. Leguía hasta intersección con Av Jorge Basadre Grohman



Fotografías: Obtención de datos de campo utilizando el rugosímetro de MERLIN, operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anote, debe elegir un tramo de 400 m de longitud. Carril Izquierdo, inicio en la Av. Circunvalacion Sur hasta interseccion con Av Tarapaca



Fotografías: Obtención de datos de campo utilizando el rugosimetro de MERLIN, operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un axuliar que las anote, debe elegir un tramo de 400 m de longitud. Carril Izquierdo, inicio en la Av. Circunvalacion Sur hasta interseccion con Av Tarapaca



Fotografías: Obtención de datos de campo utilizando el rugosimetro de MERLIN, operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un axuliar que las anote, debe elegir un tramo de 400 m de longitud. Carril Izquierdo, inicio en la Av. Jorge basare Grohman hasta interseccion con Av Industrial



ANEXO 3.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN EN LA AV. GUSTAVO PINTO, TACNA - 2020”

TESISTA: BACH. ERICK JHON FLORES JARA; BACH. DIKVER GUSTAVO PILCO GALINDO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿Cómo el análisis funcional del pavimento flexible mejora la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de MERLIN en la Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar el análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de MERLIN en la Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El análisis funcional del pavimento flexible mejora la transitabilidad vehicular, utilizando el rugosímetro de MERLIN en la Av. Gustavo Pinto, Tacna – 2020, influye negativamente</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X1. Analisis funcional del pavimento flexible.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rugosidad de los pavimentos ▪ Índice internacional de rugosidad ▪ Escala y características del IRI ▪ Cálculo del índice de rugosidad ▪ Rugosímetro de MERLIN. ▪ Esquema de rugosímetro 	<p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada con enfoque cuantitativa <p>Diseño de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptiva exploratoria <p>Ámbito de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Av. Gustavo Pinto (tramo completo: Av. Tarapacá – Av. Jorge Basadre Grohmann Norte)) <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> -Muestral aleatoria <p>Técnicas de Recolección de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación. - Formato de campo - Uso del rugosímetro MERLIN
<p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cuáles son los resultados del análisis funcional del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto?</p> <p>b) ¿Cómo se determina el análisis funcional del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto?</p> <p>c) ¿De qué manera el Índice de Rugosidad Internacional calculado determina la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto?</p>	<p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Identificar los resultados del análisis funcional del pavimento flexible utilizando el rugosímetro de MERLIN para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto.</p> <p>b) Determinar el Índice de Rugosidad Internacional, para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto.</p> <p>c) Determinar la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto, mediante el Índice de Rugosidad Internacional calculado.</p>	<p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) Los resultados del análisis funcional del pavimento flexible, influye negativamente en la mejora de la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto.</p> <p>b) El estudio y determinación del Índice de Rugosidad Internacional, influye negativamente en la mejora de la transitabilidad vehicular en la Av. Gustavo Pinto.</p> <p>c) La determinación de la transitabilidad vehicular, mediante el IRI calculado en la Av. Gustavo Pinto, permitirá caracterizar el tipo de intervención necesaria.</p>	<p>Variable Dependiente(Y)</p> <p>Y1. Mejorar la transitabilidad vehicular.</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Transitabilidad vehicular. ▪ Conservación vial. ▪ Parámetros de evaluación ▪ Serviciabilidad. ▪ Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. ▪ Ciclo de vida de los pavimentos. ▪ Pavimento flexible 	<p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ficha o formulario de observación. - Guías de observación y formatos de campo - Reportes del Rugosímetro de MERLIN. - Reportes de Calculo de IRI