

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



TESIS

**“APLICACIÓN DE TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSIMETRO
DE MERLIN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA TA-615, TRAMO:
PUENTE EL PELIGRO – Emp. PE-40, TACNA - 2020”**

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

**PRESENTADO POR:
Bach. GONZALO GERMAÍN ZEBALLOS ZEGARRA
Bach. CARLOS ALBERTO VIZCARRA AROCUTIPA**

**TACNA – PERÚ
2021**

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

TESIS

**“APLICACIÓN DE TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSIMETRO
DE MERLIN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA TA-615, TRAMO:
PUENTE EL PELIGRO – Emp. PE-40, TACNA - 2020”**

Tesis sustentada y aprobada el 07 de Junio del 2021, estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN
JUÁREZ**

SECRETARIO : Mag. MARTÍN PAUCARA ROJAS

VOCAL : Mag. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

ASESOR : Ing. CESAR ARMANDO URTEAGA ORTIZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Gonzalo Germaín Zeballos Zegarra; Carlos Alberto Vizcarra Arocutipa, 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 77018608 y DNI 71067734.

Declaro bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: “APLICACIÓN DE TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN PARA LA DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA TA-615, TRAMO: PUENTE EL PELIGRO – Emp. PE-40, 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 responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 07 de Junio del 2021



Bach. Gonzalo Zeballos Zegarra
DNI. 77018608



Bach. Carlos Vizcarra Arocutipa
DNI. 71067734

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 nos han apoyado en todo momento.

Y a la familia por motivarnos y darnos el apoyo cuando sentíamos que el largo camino se tornaba difícil, a ustedes les dedicamos cada una de estas páginas que con mucho esfuerzo realizamos.

AGRADECIMIENTO

Le damos gracias a Dios por darnos la vida y guiarnos por el camino correcto hacia nuestras metas.

Gracias a nuestros padres, ya que ellos nos apoyaron en todo momento para nuestra educación, fortaleza, principios, sustento, por la inmensa paciencia y por guiarnos y encaminarnos por el camino correcto

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

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del Problema	2
1.2. Formulación del Problema	7
1.2.1. Problema general	7
1.2.2. Problemas específicos	7
1.3. Justificación de la Investigación	8
1.3.1. Justificación teórica	8
1.3.2. Justificación práctica	8
1.3.3. Justificación metodológica	9
1.3.4. Justificación social	9
1.4. Objetivos de la Investigación	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos	9
1.5. Hipótesis	10
1.5.1. Hipótesis general	10
1.5.2. Hipótesis específicas	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes de la Investigación	11
2.2. BASES TEÓRICAS	16
2.2.1. Determinación de la rugosidad del pavimento flexible	16
2.2.2. Rugosímetro MERLIN	20
2.2.3. Aplicación de teléfonos inteligentes ROADROID	27
2.3. Definición de Términos	36
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación	37
3.1.1. Tipo de investigación	37
3.1.2. Diseño de la investigación	37

3.1.3. Nivel de la investigación	37
3.2. Población y/o Muestra de Estudio.....	38
3.2.1. Población.....	38
3.2.2. Muestra	38
3.3. Operacionalización de Variables	38
3.3.1. Variable dependiente.....	38
3.3.2. Variable Independiente.....	39
3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	39
3.4.1. Técnicas	39
3.4.2. Instrumentos.....	40
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos.....	40
3.5.1. Procedimiento de ensayo ROADROID	40
3.5.2. Procedimiento de ensayo del rugosímetro MERLIN.....	43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	44
4.1. Resultados del Cálculo de la Rugosidad Aplicando el Rugosímetro de Merlín	44
4.2. Resultados del Cálculo de la Rugosidad Aplicando ROADROID	63
4.2.1. Datos importados del aplicativo ROADROID	63
4.2.2. Imagen importada del aplicativo ROADROID	78
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	79
5.1. Análisis de los Resultados de la Rugosidad Obtenidos con el Merlín	79
5.2. Análisis de los Resultados de la Rugosidad Obtenidos con el Aplicativo ROADROID.....	80
5.3. Comparación de la Rugosidad Obtenidos con el Merlín y el Aplicativo ROADROID.....	81
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de índice de serviciabilidad.....	17
Tabla 2. Transitabilidad mediante el IRI.....	18
Tabla 3. Valores de IRI (m/km) utilizados internacionalmente.....	20
Tabla 4. Mediciones de cIRI	32
Tabla 5. Reporte del seguimiento del cambio de condición de carretera utilizando el RI (índice del roadroid)	35
Tabla 6. Estado de la vía según ROADROID.....	36
Tabla 7. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 01	44
Tabla 8. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 02	45
Tabla 9. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 03	46
Tabla 10. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 04	47
Tabla 11. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 05	48
Tabla 12. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 06	49
Tabla 13. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 07	50
Tabla 14. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 08	51
Tabla 15. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 09	52
Tabla 16. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 01	53
Tabla 17. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 02	54
Tabla 18. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 03	55
Tabla 19. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 04	56
Tabla 20. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 05	57

Tabla 21. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 06	58
Tabla 22. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 07	59
Tabla 23. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 08	60
Tabla 24. Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 09	61
Tabla 25. Cuadro resumen de la rugosidad obtenida con el rugosímetro de merlin	62
Tabla 26. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+000m al 0+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho	63
Tabla 27. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+500m al 1+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho	64
Tabla 28. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+000m al 1+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho	65
Tabla 29. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+500m al 2+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho	66
Tabla 30. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+000m al 2+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho	67
Tabla 31. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+500m al 3+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho	68
Tabla 32. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 3+000m al 3+700m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho	69
Tabla 33. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+000m al 0+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo	70
Tabla 34. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+500m al 1+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo	71
Tabla 35. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+000m al 1+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo	72
Tabla 36. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+500m al 2+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo	73
Tabla 37. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+000m al 2+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo	74
Tabla 38. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+500m al 3+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo	75
Tabla 39. Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 3+000m al 3+700m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo	76

Tabla 40. Cuadro resumen de la rugosidad obtenida con el MERLIN	79
Tabla 41. Calificación del estado del pavimento	79
Tabla 42. Transitabilidad de la vía TA - 615.....	80
Tabla 43. Calificación de la transitabilidad	80
Tabla 44. Promedio de valor eIRI carril derecho	81
Tabla 45. Promedio de valor eIRI carril izquierdo.....	81
Tabla 46. Resultados IRI del Rugosímetro Merlín	82
Tabla 47. Resultados IRI del Roadroid	82
Tabla 48. Comparativo de resultados IRI ambas metodologías	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de investigación, carretera TA-615 L= 3,78 Km	3
Figura 2. Zona de investigación, desgaste en el tramo de estudio, Carretera TA-615	3
Figura 3. Zona de investigación, presencia de fallas, Carretera TA-615.	4
Figura 4. Zona de investigación, desnivel en la berma.....	4
Figura 5. Zona de investigación, presencia de falla por cortes utilitarios.....	5
Figura 6. Zona de investigación, presenta desgaste total en la capa de rodadura ...	5
Figura 7. Zona de investigación, existencia de productos viñedos en Calana.....	6
Figura 8. Zona de investigación, producción de verduras orgánicas.....	6
Figura 9. Zona de investigación, existencia Capilla Virgen del Perpetuo Socorro	7
Figura 10. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para clasificar los caminos según su IRI	20
Figura 11. Metodología para la determinación de la rugosidad, uso del Rugosímetro Merlín	21
Figura 12. Detalles del instrumento MERLIN	21
Figura 13. Detalles del instrumento MERLIN	22
Figura 14. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la curda promedio AB.	23
Figura 15. Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto a la cuerda promedio.	24
Figura 16. Formato para recolección de datos de campo	25
Figura 17. Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.	26
Figura 18. Primer prototipo ROADROID	28
Figura 19. Segundo prototipo ROADROID.....	28
Figura 20. Tercer prototipo ROADROID	29
Figura 21. Logo ROADROID.....	30
Figura 22. App móvil.....	30
Figura 23. Visualización de la carretera analizada en Google Maps	31
Figura 24. Correlación Perfilómetro láser vs aplicación ROADROID.....	33
Figura 25. Filtrar datos y buscar correlaciones	34
Figura 26. Pavimento de afirmado	35
Figura 27. Pavimento de asfalto	35
Figura 28. Smartphone Samsung Galaxy S7	41
Figura 29. Calibración Smartphone Samsung Galaxy S7, ejes X, Y y Z	41

Figura 30. Inicio del ensayo para obtener el IRI.....	42
Figura 31. Envío de datos a la página central de ROADROID	42
Figura 32. Importación de la información registrada en ROADROID, utilizando usuario y contraseña obtenida.	43
Figura 33. Medición de las deflexiones con el Rugosímetro de Merlín en la carretera TA-615.....	43
Figura 34. Distribución de frecuencias, tramo 1	45
Figura 35. Distribución de frecuencias, tramo 2	46
Figura 36. Distribución de frecuencias, tramo 3	47
Figura 37. Distribución de frecuencias, tramo 4	48
Figura 38. Distribución de frecuencias, tramo 5	49
Figura 39. Distribución de frecuencias, tramo 6	50
Figura 40. Distribución de frecuencias, tramo 7	51
Figura 41. Distribución de frecuencias, tramo 8	52
Figura 42. Distribución de frecuencias, tramo 9	53
Figura 43. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 1	54
Figura 44. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 2	55
Figura 45. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 3	56
Figura 46. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 4	57
Figura 47. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 5	58
Figura 48. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 6	59
Figura 49. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 7	60
Figura 50. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 8	61
Figura 51. Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 9	62
Figura 52. Comportamiento eIRI – cIRI, evaluado cada 20 m. Carril Derecho	77
Figura 53. Comportamiento eIRI – cIRI, evaluado cada 20 m. Carril Izquierdo	77
Figura 54. Evaluación cada 20 m. aplicativo ROADROID – carril derecho.....	78
Figura 55. Evaluación cada 20 m. aplicativo ROADROID – carril izquierda	78
Figura 56. Comparativo de resultados IRI, MERLIN y ROADROID.....	82

RESUMEN

El presente trabajo de investigación determina la rugosidad utilizando aplicativos para smartphone y una metodología tradicional MERLIN en la carretera TA-615 en una longitud de 3.78 km, el tramo evaluado es de carpeta asfáltica en frío en un ancho de calzada variable de 6.60 a 7.20 metros.

El objetivo de la investigación es determinar la rugosidad del pavimento flexible mediante la aplicación de teléfonos inteligentes con un aplicativo ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, 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 la determinación de la rugosidad utilizando metodologías tradicionales y metodologías de innovación, considerando un diseño descriptivo-exploratorio, determinándose la rugosidad en el carril derecho IRI igual a 3.63 m/km y en el carril izquierdo igual a 3.41 m/km, utilizando el IRI ponderado igual a 3.52 m/km valor que ayuda a calificar el estado de pavimento como REGULAR en toda la carretera TA-615. Para definir la transitabilidad se calcula el PSI utilizando la ecuación de William Paterson, cuyo resultado obtenido es igual a 2.64, por lo tanto califica como TRANSITABILIDAD REGULAR.

Para el análisis con el aplicativo ROADROID, se utilizó los Smartphone de gama alta, por lo que usamos en la presente investigación, Samsung Galaxy S7, obteniendo resultados del eIRI en el carril derecho igual a 3.73 m/km, para el carril izquierdo igual a 3.44 m/km, por lo que, para efectos de comparación con el método tradicional obtenemos el valor de eIRI promedio igual a 3.59 m/km. podemos indicar que el aplicativo obtiene resultados similares al del rugosímetro de MERLIN, por lo tanto, son datos confiables.

Palabras Claves: Transitabilidad, Roadroid, IRI, Rugosímetro de MERLIN.

ABSTRACT

The present research work determines the roughness using smartphone applications and a traditional MERLIN methodology on the TA-615 road over a length of 3.78 km, the evaluated section is cold asphalt pavement in a variable road width from 6.60 to 7.20 meters.

The objective of the research is to determine the roughness of the flexible pavement using the application of smartphones with a ROADROID application and the MERLIN roughness meter on the TA-615 road, section: Bridge El Peligro - Emp. PE-40, Tacna - 2020, the research is Applied with a quantitative approach, because it seeks the generation of knowledge with direct application to problems, with the sole objective of expanding knowledge by determining roughness using traditional methodologies and methodologies of innovation, considering a descriptive-exploratory design, determining the roughness in the right lane IRI equal to 3.63 m / km and in the left lane equal to 3.41 m / km, using the weighted IRI equal to 3.52 m / km value that helps to qualify the state of REGULAR pavement, the entire road TA-615. To define walkability, the PSI is calculated using the William Paterson equation, whose result is equal to 2.64, therefore it qualifies as REGULAR TRAFFICABILITY.

For the analysis with the ROADROID application, the high-end Smartphone was used, for which reason we used in the present investigation, Samsung Galaxy S7, obtaining eIRI results in the right lane equal to 3.73 m / km, for the left lane equal to 3.44 m / km, therefore, for comparison purposes with the traditional method, we obtain the average eIRI value equal to 3.59 m / km. We can indicate that the application obtains results similar to the MERLIN roughness meter, therefore, they are reliable data.

Keywords: Walkability, Roadroid, IRI, MERLIN Roughness Meter.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, los mantenimientos de las vías existentes son de mucha relevancia por ser parte de la economía social del país, ya que las calles, avenidas, carreteras forman parte de la comunicación y el comercio del país. Cuando nos desplazamos por la red vial nacional, departamental o vecinal, resulta muchas veces incomodo, demora en los viajes y poco confort que ofrecen las vías, debido a que no existe un plan de mantenimiento, ausencia de estándares e indicadores que permitan desarrollar un adecuado control en el desgaste de las vías. Una de las formas es el 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 transitabilidad. La importancia de conocer el análisis superficial del pavimento flexible evaluando la rugosidad, el cual nos ayuda a plantear soluciones para mejorar la transitabilidad en la carretera TA-615, contando con un plan de rehabilitación, conservación y reconstrucción, que pueda brindar a los conductores seguridad y confort en la vía investigada. La presente investigación refiere a la utilización de dos metodologías para obtener resultados del IRI (Índice de Rugosidad Internacional) siendo la primera una metodología tradicional confiable, el rugosímetro de MERLIN y la segunda una aplicación moderna y económica para teléfonos inteligentes denominado ROADROID, evaluamos la carretera TA-615, en una longitud de 3,780.00 m y una sección variable de 6.60 a 7.20 metros la calzada.

Mediante la aplicación del ROADROID se obtiene información de valores del IRI estimado, cuyos valores nos puede ayudar a calificar el estado del pavimento, datos confiables obtenidos a un costo mínimo con rendimientos altos de evaluación, por otro lado, utilizando el rugosímetro de MERLIN para determinar el valor del IRI de ambos carriles y calcular el IRI ponderado, nos ayuda para calcular el PSI, finalmente podemos determinar la transitabilidad de la vía investigada.

El trabajo de investigación está estructurado en 5 capítulos, en el primer capítulo identificamos la formulación del problema, los objetivos y las hipótesis; en el segundo capítulo, el marco teórico, donde se presentan los antecedentes, la base teórica que analiza las dos variables presentes para el cálculo de la rugosidad, el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ROADROID 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, para finalizar con las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

El principal problema que tiene la región de Tacna, es la falta de un adecuado programa de inversión en infraestructura vial y ningún control actualizado de cómo se encuentra el estado funcional de las vías de su jurisdicción, lo que conlleva al rápido deterioro de la carpeta asfáltica, representando un problema potencial, debido a que, impide el traslado de productos agrícolas y de ganadería, los cuales se comercializan en los mercados de la región de Tacna, afectando de esta manera la obtención del ingreso potencial de gran parte de las familias.

Actualmente, a medida que las vías son utilizadas por el transporte de personas y cargas, estas van presentando daños; si no presentan el mantenimiento adecuado, el deterioro del pavimento puede alcanzar niveles altos que pueden requerir su reconstrucción en periodos cortos con relación a su vida útil. La evaluación de la rugosidad en la carretera TA-615 se constituye como el principal de los objetivos del plan de la investigación, debido a que los resultados que se obtendrán; podrán servir para el planteamiento de un proyecto de mejoramiento o mantenimiento de la carretera, lo cual mejorará la transitabilidad de la población en los distritos de Calana y Pachia.

La carretera TA-615 se encuentra en condiciones de transitabilidad, pero existe la necesidad de saber exactamente las condiciones funcionales de la carpeta asfáltica; sabiendo que las principales fuentes de ingreso del distrito de Calana y Pachia son: la producción de la uva de mesa, durazno, palta; producción de vino, piscos y otros productos de exportación, deben contar con una infraestructura vial en adecuadas condiciones, ya que la aparición de fallas y rugosidad generará una pérdida de tiempo durante el viaje, mayor consumo de combustible, altos costos de operación vehicular, que repercute en la débil economía de los agricultores y los transportistas.

La carretera TA-615, tramo Puente El Peligro – Emp. PE-40 es una vía auxiliar longitudinal de una calzada, con dos carriles, uno por sentido y tiene una longitud aproximada de 3.78Km. en la actualidad la carretera TA-615 en estudio tiene una alta demanda de transporte público, privado y vehículos de carga, debido a que es una vía principal de los agricultores para la comercialización de sus productos hacia los mercados de la ciudad de Tacna, también es usado por los vehículos recreativos que transportan turistas que pasan por el valle viejo de Tacna, dicha carretera se

interconecta con la vía PE-40 para culminar el turismo en los puentes colgantes de Miculla y en los Baños termales de Calientes del distrito de Pachia.

Se observa que la carpeta asfáltica de la carretera TA-615, tramo Puente El Peligro - Emp. PE-40, presenta daños considerables en ciertos tramos, por lo que identificar, determinar, y calcular será uno de los objetivos de la presente investigación, a fin de proponer un tipo de tratamiento y mejorar la transitabilidad en la vía estudiada.

Figura 1

Zona de investigación, carretera TA-615 L= 3,78 Km



Nota: Elaboracion Propia – Google Earth

Figura 2

Zona de investigación, desgaste en el tramo de estudio, Carretera TA-615



Nota: Elaboración propia

Figura 3

*Zona de investigación, presencia de fallas,
Carretera TA-615.*



Nota: Elaboración propia

Figura 4

Zona de investigación, desnivel en la berma.



Nota: Elaboración propia

Figura 5

Zona de investigación, presencia de falla por cortes utilitarios



Nota: Elaboración propia

Figura 6

Zona de investigación, presenta desgaste total en la capa de rodadura



Nota: Elaboración propia

Figura 7

*Zona de investigación, existencia de productos
viñedos en Calana*



Nota: Elaboración propia

Figura 8

Zona de investigación, producción de verduras orgánicas



Nota: Elaboración propia

Figura 9

*Zona de investigación, existencia Capilla
Virgen del Perpetuo Socorro*



Nota: Elaboración propia

1.2. Formulación del Problema**1.2.1. Problema general**

¿De qué manera la aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN permitirá la determinación de la rugosidad en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp PE-40, Tacna - 2020?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID en la carretera TA-615?
- b) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615?
- c) ¿Existe similitud entre los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID y rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615?

1.3. Justificación de la Investigación

La investigación propuesta es la determinación del índice de rugosidad internacional (IRI) y para ello se utiliza dos metodologías; la aplicación para teléfonos inteligente “ROADROID” y “EL RUGOSIMETRO DE MERLIN”; puesto que al realizar la comparación de los resultados obtenidos ayudará a conocer la situación funcional del pavimento flexible y con ello a determinar el tipo de intervención que se deberá realizar, ya sea mantenimiento o rehabilitación; además esta investigación permitirá que más ingenieros puedan optar como otra opción el uso de la aplicación para teléfonos inteligentes “ROADROID”, para la determinación del IRI del pavimento; puesto que es una metodología de fácil uso e implementación y no requiere de herramientas especiales.

1.3.1. Justificación teórica

La investigación propuesta busca, mediante la teoría y los conceptos básicos del uso de las metodologías utilizadas como ensayos no destructivos con la aplicación de las metodologías del aplicativo ROADROID que utiliza teléfonos inteligentes con Android moderno, y la metodología del Rugosímetro de MERLIN como método tradicional, cuyas metodologías ayudan a calcular la rugosidad. Cuyos resultados indican la incomodidad, el confort, la seguridad y el medio ambiente al momento de transitar por la carretera investigada.

1.3.2. Justificación práctica

La presente investigación permite encontrar soluciones concretas a los problemas de la rugosidad (IRI), asimismo es un parámetro que debe ser estudiado y manejado por los ingenieros de carreteras, la metodología ROADROID y MERLIN cuyos resultados ayudan al planteamiento de una propuesta de diseño en la estructura del pavimento para una rehabilitación, reconstrucción, mantenimiento y otros que sean considerados en el planteamiento de la solución de acuerdo a los resultados. Los afectados vienen a ser los conductores y usuarios del transporte, debido a la presencia de una serie de fallas de alta severidad que se extienden en la capa de rodadura del pavimento flexible, los que generan desgaste o averías en las unidades que transitan por la vía, los cuales generan mayor consumo de combustibles y desgaste de sus unidades.

1.3.3. Justificación metodológica

Para lograr los objetivos de la investigación, se acude al empleo de la normativa peruana vigente, como son el manual de pavimentos, el manual de especificaciones técnicas generales EG-2013, Norma CE-010-Pavimentos Urbanos y el manual de mantenimiento o conservación vial. Las técnicas de investigación, como el procesamiento en software especializado para calcular la rugosidad internacional, el cual es un indicador de la calidad del pavimento flexible y este indicador se puede calcular en forma precisa. La aplicación de la metodología del ROADROID y MERLIN ayudan a conocer el estado de una vía, mucho más fácil, rápido y económico.

1.3.4. Justificación social

Con respecto a la parte social, los resultados beneficiarán al propietario, al conductor y al usuario del transporte. También llega a la sociedad, porque permitirá mejorar la calidad de vida en la zona investigada porque conocerán el estado de la transitabilidad para que los usuarios puedan trasladar con la comodidad y seguridad sus productos al mercado local y regional al momento de transitar. Los resultados de investigación nos ayudarán a conocer alternativas de solución, para mejorar las medidas de confort y seguridad para los involucrados.

En la actualidad no se han efectuado programas de mantenimiento en la carretera TA-615, por lo que se pretende que los resultados de esta investigación sirvan como base para que la municipalidad distrital de Pachia determine y ejecute programas de mantenimiento periódico.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la rugosidad del pavimento flexible mediante la aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna – 2020.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID en la carretera TA-615.

- b) Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615.
- c) Comparar los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La determinación de la rugosidad mediante la aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna – 2020, muestran resultados confiables.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) El cálculo del valor obtenido de la rugosidad con el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID en la carretera, son válidos.
- b) El cálculo del valor obtenido de la rugosidad con el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, son válidos.
- c) La comparación de los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, son similares.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Según, (Montoya, 2013), “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”, desarrollado por José Montoya Goicochea en el año 2013. Tesis desarrollada 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.

Según (Ramírez, 2017), “Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey – Casma de la carretera Panamericana Norte”, desarrollado por Brian Steve Ramírez Castro, Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Pontificia Universidad católica del Perú, que se enfoca en comparar los resultados del IRI de un perfilómetro láser y el software Roadroid. La concesionaria a cargo de la Red Vial 4 utiliza anualmente el perfilómetro láser para conocer el estado de la vía nacional y tomar acciones preventivas para otorgar un buen nivel de serviciabilidad. En contraste, se realizará una medición para calcular la rugosidad de un tramo de la Red Vial 4 utilizando el software Roadroid y con la data de la concesionaria se realizará un análisis comparativo entre ambos equipos de medición y se evaluará la eficiencia de la aplicación para celular.

El sector escogido fue el tramo de Huarmey – Casma. Es una autopista que presenta dos carriles para cada dirección, sur a norte y viceversa. Los resultados obtenidos con el software fueron de 1.2 m/km y 1.3 m/km en cada calzada de la vía y con el perfilómetro láser se obtuvo 1.11 m/km y 1.16 m/km respectivamente.

Por otra parte, se comprobó que al trasladarse en el vehículo para la recolección de datos en el rango de velocidad de 75 a 90 km/h los valores del IRI estimado e IRI calculado se correlacionan.

Según (Lloclla, A., Sánchez, K., 2019) “ Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para Smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de MERLIN”, desarrollado por Anderson Jhussety Lloclla Huaychao y Kevin Kenyo Sánchez Hurtado, Tesis desarrollado para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, donde indica que la investigación se llevó a cabo la comparación del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La cultura de la ciudad del Cusco (plaza Limacpampa- paradero control) medidos con los equipos: Rugosímetro de Merlín, Rugosímetro electrónico Bump Integrator B1100A y aplicativo para Smartphone Roadroid, así mismo se calculó la ratio de serviciabilidad presente (PSR) en la vía estudiada en función al índice de rugosidad internacional. La metodología que contiene la investigación es de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, método hipotético deductivo y diseño no experimental.

Se compararon los resultados proporcionados con la condición observada en campo por los tres equipos en la av. La Cultura de la ciudad del Cusco, tanto para el carril de subida como el de bajada, luego se realizó el procesamiento de datos para obtener resultados y posteriormente analizarlos.

Se determinó que el carril de bajada tiene los IRI medidos de 7.31m/km, 6.75 m/km y 6.79 m/km mediante rugosímetro de merlín, rugosímetro electrónico Bump Integrator y Roadroid sucesivamente con un promedio de 6.95 m/km y en el carril de subida con los datos de 3.88 m/km , 3.98 m/km y 3.04 m/km teniendo un IRI promedio de 3.63 m/km lo que corrobora que el carril de bajada se encuentra en un estado más deteriorado que el de subida y en ambas vías los valores del índice de rugosidad internacional se encuentran fuera de los límites establecidos dentro de la norma NTP CE 0.10 PAVIMENTOS URBANOS el cual da un valor máximo permitido para el de IRI de 2.5m/km para pavimentos flexibles. Con el desarrollo de la investigación se determinó que la variación para los resultados del IRI mediante el aplicativo para Smartphone ROADROID, rugosímetro de Merlín y rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A. en los carriles críticos estudiados de la Av. La Cultura tienen un promedio de porcentaje de variación de 18.92%.

Según (Camacho, 2018) “ Evaluación y análisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el rugosímetro de MERLIN”, desarrollado por Shiamely Yoshira Camacho Pampamallco, Tesis desarrollado para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, donde indica que el objetivo principal de esta

investigación, se basa en el estudio de la rugosidad en pavimentos, donde se escogió una de las vías más transitadas de la ciudad de Puno, la Av. Floral (carril derecho y carril izquierdo). Para lo cual se hizo un análisis y comparación con dos métodos los cuales son: El método tradicional (Rugosímetro de Merlín) y un método innovador (Aplicación del Roadroid).

En la presente investigación, para lo cual se propone un nuevo método innovador aplicado a smartphones (Roadroid), donde se hace una comparación con el método tradicional (Rugosímetro de Merlín), según el banco mundial este equipo es uno de los más recomendados para calibrar otros equipos. Dicho esto, tanto el método tradicional y el método innovador miden la rugosidad en pavimentos. Llegando a la conclusión que el Roadroid nos proporciona valores similares al Rugosímetro de Merlín y se puede aseverar que el rendimiento es mucho mejor con la aplicación del Roadroid.

Según, (Laura, 2016), “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN - 2016”, desarrollado por Deyse Laura Hirpahuanca, en el año 2016. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Andina del Cusco, donde se ha investigado el porcentaje de similitud que existe, entre los resultados de la medición de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos; usando la aplicación Roadroid con respecto al Rugosímetro MERLIN, la diferencia de los resultados obtenidos, las ventajas de usar la aplicación Roadroid con respecto al Rugosímetro MERLIN, la serviciabilidad del pavimento, y la comparación de la regularidad superficial de ambos carriles.

Ambos equipos miden la regularidad superficial de pavimentos, pero la aplicación Roadroid se presenta como una herramienta nueva e innovadora en el mercado y el Rugosímetro de MERLIN es un equipo ampliamente conocido y usado en nuestra Región y según el Banco Mundial se caracteriza por ser uno de los equipos más precisos y recomendado para calibrar otros equipos. Para llevar a cabo esta investigación, se midió la regularidad superficial de la carretera Cusco - Urcos usando la aplicación Roadroid y el Rugosímetro de MERLIN, luego se realizó el procesamiento de datos para obtener los resultados y su posterior análisis.

Llegando a la conclusión de que los resultados obtenidos con la aplicación Roadroid tiene una similitud del 89% con respecto al Rugosímetro de MERLIN.

Por lo tanto, la aplicación Roadroid es una herramienta que puede ser usada para determinar la regularidad superficial de pavimentos debido a que proporciona

datos de la regularidad superficial en forma eficiente, es decir que se pueden estudiar tramos más grandes en poco tiempo y con menos recursos y lo mejor que no necesita tiempo para el procesamiento de datos a comparación del Rugosímetro de MERLIN que es un equipo de bajo rendimiento tanto para la toma de datos como para su procesamiento.

Según, (Almenara, 2015), “Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima”, desarrollado por Carlos Ignacio Almenara Cueto, en el año 2015. Tesis desarrollada 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.

Según, (Pari, 2010), “Estudio de la rugosidad en pavimentos asfálticos de la ciudad de Puno”, desarrollado por Pari Luque en el año 2010. Tesis desarrollada 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.

Según, (Pomasonco de la Cadena, 2010), “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 desarrollada 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.

Según, (Medina, R.; Farro, D., 2018), “Evaluación superficial y de rugosidad del pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, tramo: Óvalo Transportes – Óvalo Cuzco, distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna – 2017”, desarrollado por Richard Ángel Medina Chahuares y Diego Alonso Farro Velarde en el año 2018. Tesis desarrollada para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna, sostiene que tiene la metodología del PCI y método de la rugosidad de MERLIN, se midió la regularidad superficial y la evaluación superficial usando los métodos indicados, llegando a la conclusión después de haber realizado el procesamiento de los datos para obtener los resultados, los resultados obtenidos

con respecto al rugosímetro de MERLIN y la evaluación superficial mediante PCI dio como resultado final un estado “Malo” de ambos carriles siendo el más crítico el carril derecho. Por lo tanto, las fallas superficiales de la zona de estudio se pueden concluir que generalmente presentan un nivel de severidad alto, la primordial causa de deterioro es el insuficiente mantenimiento de las vías, que a su vez presenta poco mantenimiento solamente parchado de zonas dañadas a simple vista. Siendo necesario su respectivo mantenimiento ya que es una de las vías más transitadas de la ciudad y comunica de extremo a extremo.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Determinación de la rugosidad del pavimento flexible

La rugosidad viene a ser la “Desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal.” (ASTM, 2012).

Algunos autores prefieren utilizar el término Regularidad, puesto que este concepto se asocia más fácilmente a la definición de Roughness, que el término Rugosidad. De esta manera, puede encontrarse bibliografía que trata indistintamente los conceptos de Regularidad y Rugosidad; sin embargo, para efectos de la investigación se prefiere utilizar Rugosidad, para referirse a las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad del rodado, seguridad y costos de operación del vehículo.

El IRI es una acumulación del movimiento vertical que padece la suspensión de una rueda (un cuarto de carro) recorriendo a una velocidad de 80 km/h es decir es un índice de confort de rodadura y conforma el parámetro de la vía que siente el usuario. (Caro, F.; Peña, G., 2012).

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

2.2.1.1. 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. 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)

2.2.1.2. Serviciabilidad

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

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

Para 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

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

Nota: Guía AASHTO

2.2.1.3. Cálculo 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, 2005)

Tabla 2

Transitabilidad mediante el IRI

PSR (Ratio de serviciabilidad presente)	Transitabilidad
0 - 1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5-	Muy buena

Nota: (Sachún, 2016)

2.2.1.4. 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.

2.2.1.5. Causas posibles de la Rugosidad

Las irregularidades en la capa de rodamiento de los pavimentos tanto nuevos como existentes se pueden producir por un mal diseño del pavimento, falta de un mantenimiento, y/o errores cometidos durante el procedimiento constructivo de la vía;

en el cual no se hayan tomado las medidas de control correspondientes, provocando como consecuencia las deformaciones.

2.2.1.6. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

Se ha demostrado que existen muchos factores que afectan la rugosidad superficial del pavimento; sienten los más relevantes:

- Edad del pavimento
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El número 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, índice de congelamiento y temperaturas superiores 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 subrasante 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.

2.2.1.7. 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).

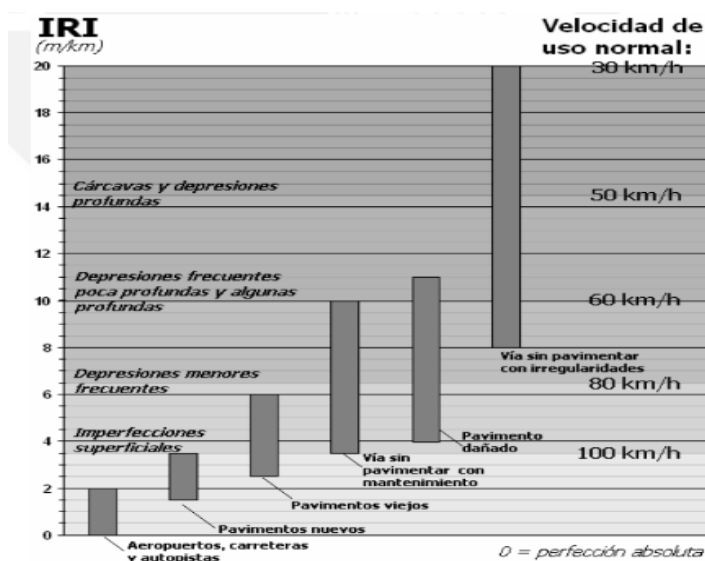
El IRI es una escala de la regularidad superficial de una vía, propuesta por el Banco Mundial como estadística estándar de la rugosidad que determina la influencia del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la rodadura, se expresa en metros por kilómetros. (Sayers, M. ; Karamihas, S., 1998).

2.2.1.8. 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 10

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



Nota: Banco Mundial

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		
Perú	< 2.5	2.5 – 4.5	> 4.5		

Nota: (Alvarenga, 2002)

2.2.2. 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), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

Figura 11

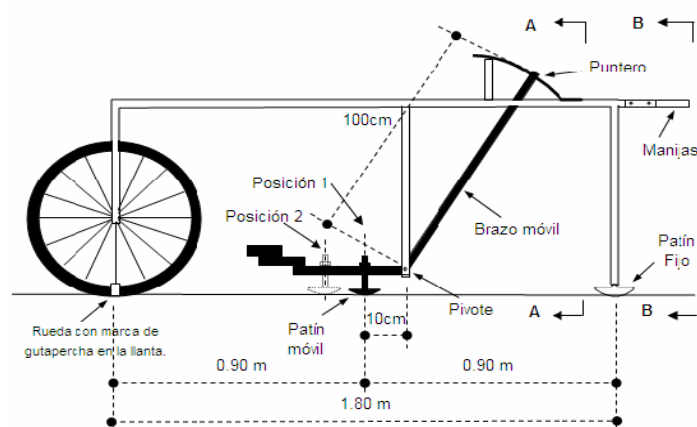
Metodología para la determinación de la rugosidad, uso del Rugosímetro Merlín



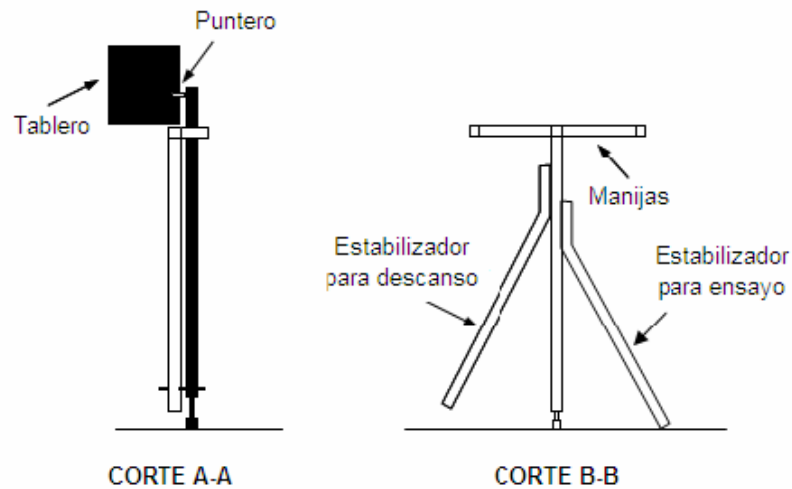
Nota: Elaboración propia

Figura 12

Detalles del instrumento MERLIN



Nota: Elaboración propia

Figura 13*Detalles del instrumento MERLIN**Nota: Elaboración propia*

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).

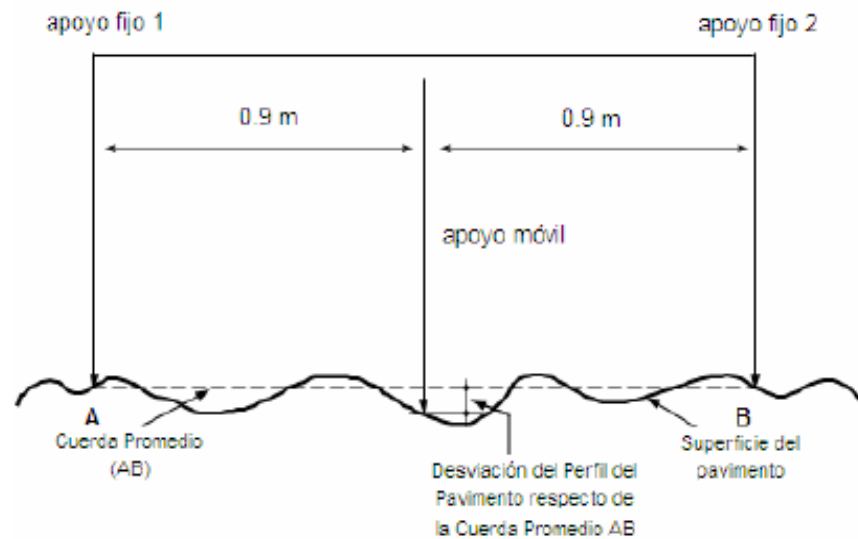
Un patín de prueba móvil se pone a media-vía sobre la superficie de camino entre los dos pies y el MERLÍN mide la distancia vertical “y” entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que une la base de los dos pies.

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, 1999).

Figura 14

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



Nota: (Del Aguila, 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, 1999)

Figura 15

Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie de pavimento respecto a la cuerda promedio.



Nota: (Del Aguila, 1999)

2.2.2.1. 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 MERLÍN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo. La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, tal como es mostrado en la figura. El

formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. (Del Aguila, 1999)

Figura 16

Formato para recolección de datos de campo

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

Nota: (Del Aguila, 1999)

2.2.2.2. Cálculo de la rugosidad

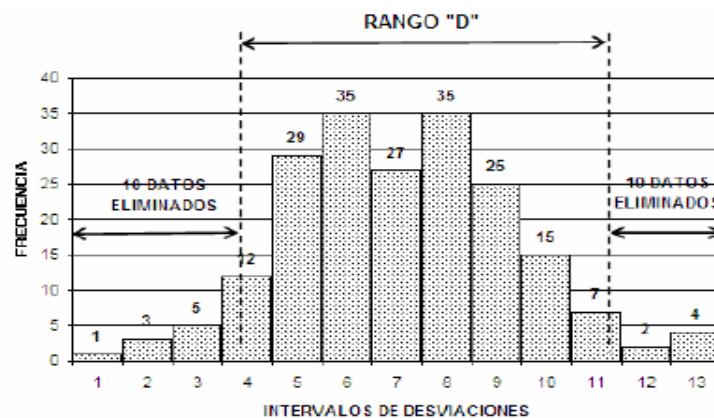
Como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división 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, 1999).

Figura 17

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



Nota: (Del Aguila, 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 17, 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.

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.

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

Factor de corrección.

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

Donde:

EP = Espesor de la pastilla

Li = Posición inicial del puntero.

Lf = Posición final del puntero.

Cálculo del Rango D corregido.

$$\text{Dc} = \text{D} \times \text{FC}$$

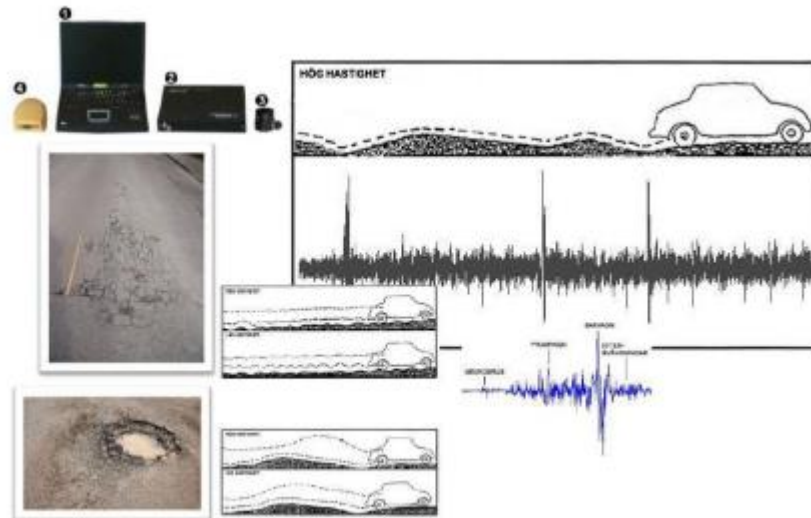
Calculo de IRI

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.047\text{Dc}$$

2.2.3. Aplicación de teléfonos inteligentes ROADROID

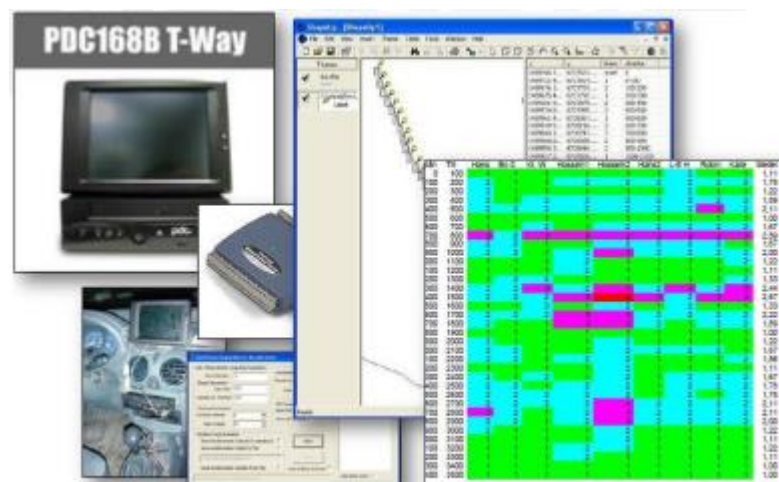
Un grupo de ingenieros de nacionalidad sueca realizaban trabajos con dispositivos móviles, GPS desde 1997 enfocándose en mediciones de fricción, adaptaciones dinámicas de velocidad, recolección de datos de vías. La idea original de Roadroid surgió cuando en el año 2001 el Transportation Research Board (TRB), ubicado en Washington, monitoreó un proyecto en la cual las velocidades de los camiones eran bajas debido a la mala condición del camino. A partir de esta afirmación, nació el concepto de medir las vibraciones del vehículo para evaluar el estado de la carretera.

Junto con el Royal Institute of Technology se fabricó el primer piloto en el año 2002. En ese año los teléfonos inteligentes aún no existían, en consecuencia, se utilizó una PC, un acelerómetro externo, un GPS y un amplificador de señal. Con estos equipos se usó un software para el análisis de las señales.

Figura 18*Primer prototipo ROADROID**Nota: (Roadroid, 2014)*

Debido a los buenos resultados del primer prototipo la Administración Nacional de Carreteras de Suecia (SNRA por sus siglas en inglés) financió el proyecto para su desarrollo orientado a caminos no pavimentados de grava.

El sistema se desarrolló con una PC con sistema operativo Windows integrado a un vehículo, un GPS, un acelerómetro colocado en el eje trasero del vehículo, datos móviles y la utilización de un sistema de información geográfica en la web para visualizar la calidad de las carreteras a través de colores.

Figura 19*Segundo prototipo ROADROID**Nota: (Forslöf, 2013)*

Este segundo prototipo llegó a su límite en el 2006, ya que presentaban diversas limitaciones como la interacción de cables y sensores con el medio ambiente, para diferentes condiciones climáticas los resultados eran poco confiables.

En el 2010, se fabricaron teléfonos inteligentes que incluían acelerómetro, procesador de datos, memoria, datos móviles. El equipo ROADROID con la experiencia adquirida años atrás decidió enrumbar su proyecto; no obstante, surgieron nuevas interrogantes sobre cómo utilizar las vibraciones del carro, definir las frecuencias de muestreo, conocer la sensibilidad del acelerómetro del móvil, diferenciar cada tipo de vehículo para la toma de datos.

La aplicación se desarrolló para celulares con sistema operativo Android. La elección de Android en vez de un dispositivo Iphone (iOS) se basa en la arquitectura, relación precio-rendimiento. Se empezó a realizar las pruebas con obstáculos en una carretera en el 2011.

Los usuarios de la aplicación pueden recolectar datos sin necesidad de tener conexión a internet, ya que la información se comprime y se envía a la nube. Por medio del portal web Google Maps se muestra la condición del camino analizado a través de cinco colores que guardan relación con el IRI calculado.

Figura 20

Tercer prototipo ROADROID



Nota: (Forslóf, 2013)

2.2.3.1. ROADROID

ROADROID es un aplicativo para Smartphone cuya funcionalidad es monitorear la condición de las carreteras por medio del acelerómetro del teléfono que capta las vibraciones del vehículo y transforma por medio de ecuaciones correlacionales o el modelo del cuarto de carro a unidades IRI (m/km). Además, utiliza

el GPS y los datos móviles para transferir la información del estado de la vía la cual se puede aprovechar para diferentes propósitos como gestionar el mantenimiento vial.

Figura 21

Logo ROADROID.



Nota: (Roadroid., 2020)

2.2.3.2. Aplicativo ROADROID

El sistema Roadroid analiza el camino 100 veces por segundo (en 90km/h una señal cada 25 cm). Con estos datos calcula el IRI y guarda la condición de la carretera con sus respectivas coordenadas GPS. Los datos se guardan en el teléfono y posteriormente son transferidos a la nube.

Figura 22

App móvil.



Nota: (Roadroid., 2020)

La app móvil almacena un gran número de valores de datos cada segundo en un archivo CSV, pero para obtener una visión general en una escala mayor es más conveniente utilizar conexiones con datos agregados y promedios de puntos muestreados. Dependiendo de la base de datos del camino, habrá muchas oportunidades para perfeccionar los datos y agregar información de atributos tales como el ancho de la carretera, los volúmenes de tráfico, etc. En Suecia han estado utilizando la base de datos de la Carretera Nacional Sueca (NVDB).

A nivel mundial en su mayoría se utiliza las geometrías del Open Street Maps (OSM) o Google Maps, además los datos de la condición de carretera pueden exportarse en formato shapefile a otros sistemas.

Con la información obtenida y a través de un sitio web (Google Maps) se puede visualizar el recorrido analizado y el estado de la vía por medio de colores los cuales son: verde para una condición óptima, amarillo para satisfactorio, rojo para insatisfactorio y negro para un camino pobre o malo.

Figura 23

Visualización de la carretera analizada en Google Maps



Nota: (Roadroid., 2020)

En la web www.roadroid.com.pe, nos indica que el equipo Roadroid liderado por su CEO el Ing. Lars Forsslöf está constantemente realizando actualizaciones del Roadroid para ofrecer a la sociedad una aplicación cada vez más dinámica, fácil y económica. El Ing. Lars Forsslöf viene publicando constantemente documentos de investigación y evaluaciones a través de sus redes sociales LinkedIn www.linkedin.com o su misma página web www.roadroid.com.pe.

2.2.3.3. IRI calculado (cIRI)

Las pruebas realizadas nos confirman que, si se calibra correctamente el aplicativo ROADROID, el cIRI puede llegar a ser de mucha utilidad, sin embargo, para lograrlo se deberá de conducir a una velocidad entre 60 a 80 Km/h. El modelo del cuarto de carro junto con los dos pesos (el amortiguado y el no amortiguado) y el movimiento del vehículo son simulados como datos de entrada.

De tal manera se estima el comportamiento que va a tener el marco y el cuerpo del vehículo en los datos que se obtendrán a través del acelerómetro. A su vez la calibración puede ser realizada por el usuario sin ninguna dificultad.

Para medir en cIRI se tiene que tomar en cuenta todas las variables obtenidas y configuradas por la aplicación Roadroid, siendo de vital importancia detallarlas previamente en el programa, tales como el tipo de vehículo que se utilizara, sensibilidad y escoger la longitud de los segmentos entre 20 y 200m, la simulación de los pesos oscilantes es calculada para hallar un valor de rugosidad promedio por tramo. La velocidad debe de mantenerse constante de 60 y 80 km/h. Los tipos de vehículos estipulados en la configuración son:

- Vehículo pequeño.
- Vehículo normal (Sedan).
- Camioneta de doble tracción o 4x4.
- Bicicleta.

Según el (Roadroid., 2020) indica que para el control de mediciones cIRI, se realizaron distintos muestreos en varios países, donde se concluyó a la siguiente tabla para la configuración del programa antes al muestreo.

Tabla 4

Mediciones de cIRI

Tipo de vía	Asfalto	Grava	Tierra
Velocidad (km/h)	80	60	40
Sensibilidad cIRI	1.6	2.2	2.8
Longitud tramo cIRI (m.)	40	100	200

Nota: (Roadroid., 2020)

2.2.3.4. IRI estimado (eIRI)

El IRI estimado es una variación del cálculo de IRI propuesto por el Banco Mundial, ya que usa correlaciones lineales con instrumentos de medición de alta precisión. Además, el eIRI pertenece a la clase 3 del método de precisión propuesto por (Sayers, M. ; Karamihas, S., 1998).

El análisis se basa en medir tramos de 20 metros con un perfilómetro láser y el Roadroid en diferentes secciones de las carreteras. Al realizar la comparación, se estableció un factor de correlación para estimar el IRI. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.5 lo que significa que se correlaciona moderadamente.

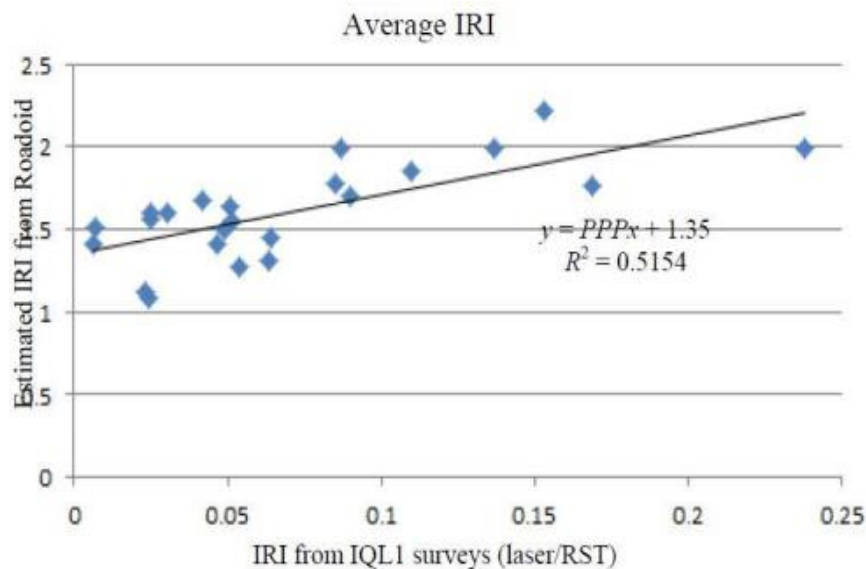
No obstante, el análisis presenta algunas limitaciones en las superficies de pavimento en mal estado y en vehículos pequeños, debido a que son más sensibles que un coche estándar.

Las investigaciones para encontrar soluciones a las limitaciones aún continúan por diferentes instituciones como el Banco Mundial, UNOPS, la compañía Spea Autostrade y algunas universidades.

La universidad de Auckland determinó una correlación del 81% entre los datos obtenidos por la aplicación Roadroid y un perfilómetro de clase 1.

Figura 24

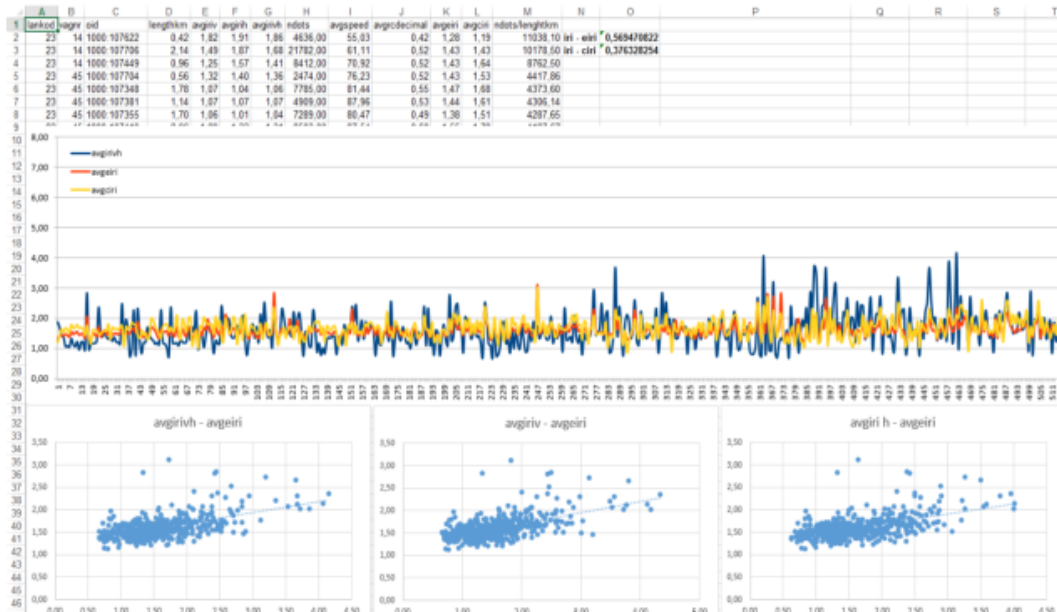
Correlación Perfilómetro láser vs aplicación ROADROID



Nota: (Forslóf, L.; Jones, H., 2015)

Figura 25

Filtrar datos y buscar correlaciones

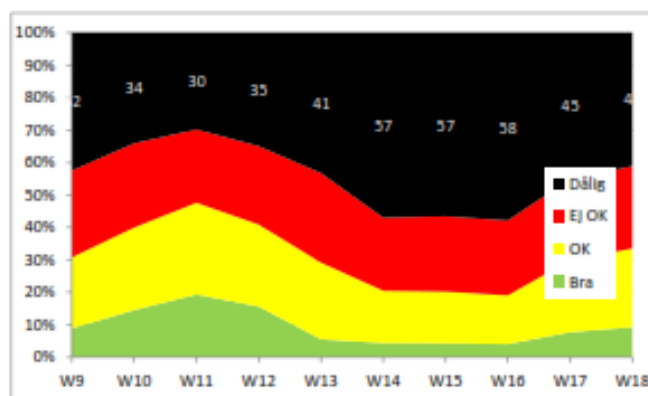


Nota: (Forslôf, L.; Jones, H., 2015)

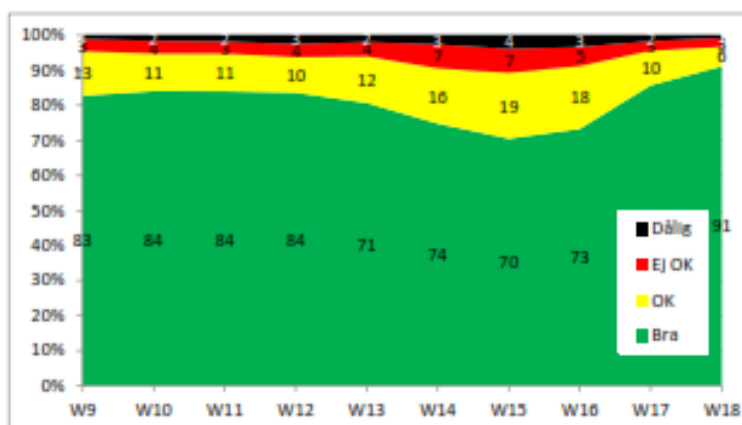
2.2.3.5. Índice ROADROID

ROADROID diferencia las vías analizadas por medio del IRI (calculado o estimado) en cuatro clases y los representa a través de colores (verde, amarillo, rojo y negro). El objetivo es presentar los datos de manera global y escalable.

El Índice ROADROID muestra el porcentaje de cada clase de ruta gracias a la base de datos que se genera al analizar una carretera. Por ejemplo, para un segmento de ruta examinada se consigue un 94.6% de bueno (color verde), 3.3% de satisfactorio (color amarillo), 1.5% de no satisfactorio (color rojo) y 0.6% de pobre (color negro). La ventaja de este índice radica en añadir datos de varias mediciones en el tiempo; además, se genera informes automáticamente facilitando la comparación de los resultados obtenidos de la calidad de pavimentos de diferentes longitudes de carreteras.

Figura 26*Pavimento de afirmado*

Nota: (Forslôf, L.; Jones, H., 2015)

Figura 27*Pavimento de asfalto*

Nota: (Forslôf, L.; Jones, H., 2015)

Tabla 5

Reporte del seguimiento del cambio de condición de carretera utilizando el RI (índice del roadroid)





Road no	Traffic	Class	Legth	Comments	Good	Sat	Usat	Poor	TREND
E4	14000	1	143		93.9%	4.6%	0.9%	0.5%	-3.4%
83	8300	2	167	Salt road	88.9%	7.4%	2.2%	1.5%	3.3%
84	7500	2	210	Salt road	90.9%	6.1%	1.7%	1.3%	-1.6%
305	1200	3	105		76.7%	14.4%	5.3%	3.6%	-0.6%
307	900	3	75		93.7%	5.2%	0.7	0.4%	0.4%

Nota: (Roadroid, 2014)

Para hacer un seguimiento continuo de la vía a lo largo del tiempo, también se necesitaba una manera de producir informes. La recolección de datos puede hacerse mediante los oficiales o guardias de carretera que están realizando inspecciones visuales de 1-3 veces por semana, o por operadores como un distribuidor de periódicos. El RI es muy adecuado para hacer informes a partir de los datos de la condición de carretera.

Tabla 6

Estado de la vía según ROADROID.

Estado de la vía	IRI	Color
Buena	< 2.5	
Satisfactoria	2.5 – 4.0	
No satisfactoria	4.0 – 6.0	
Pobre	> 6.0	

Nota: (Roadroid, 2014)

2.3. Definición de Términos

- **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.

- **Roadroid**

Aplicativo creado para Smartphone o teléfonos inteligentes, esta aplicación busca utilizar las herramientas preinstaladas que hay en los teléfonos inteligentes, de tal manera que pueda ser capaz de medir la rugosidad en pavimentos de una manera precisa y económica.

- **IRI**

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 merlín**

Instrumento 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.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de la investigación es aplicada, se caracteriza porque busca la aplicación de conocimientos y se encuentra vinculada con el diseño de campo, cuando se realiza en un ambiente natural, en el que no hay manipulación de variables.

3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se refiere a la manera en cómo se dará respuesta a las interrogantes formulada en la investigación y dichas maneras están relacionadas con la definición de estrategias a seguir en la búsqueda de solucionar al problema planteado, utilizando estrategias de investigación documental y la investigación de campo; es decir profundizar el conocimiento de trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos, por otro lado la recolección de datos directamente de los investigadores o en la realidad en donde ocurren los hechos sin manipular o controlar la variable.

3.1.3. Nivel de la investigación

La investigación es descriptiva - exploratoria, porque implica observar y describir eventos con la finalidad de orientar a lograr un nuevo conocimiento de manera sistémica y metódica, con el único objetivo de ampliar el conocimiento, y exploratorio, porque pretende ahondar con la investigación alcances poco antes estudiada, estableciendo prioridades para futuras investigaciones. La base de la investigación está en la toma de datos en campo a través de un formato de evaluación de registro, cuyos resultados se representan en formatos de cálculo, diagramas de sectores y gráficos de barras.

3.2. Población y/o Muestra de Estudio

3.2.1. Población

La población para la investigación es la carretera TA-615 Calana - Pachia, zona muy importante de comunicación con el distrito de Pachia, vía que descongestiona la carretera nacional, PE-40, Tacna-Collpa-La Paz, por ser una vía de alta velocidad, por lo que los pobladores agrarios de Calana y Pachia usan con mucha frecuencia la carretera TA615, por ser una vía libre de flujo vehicular, que luego interconecta con la población de Tacna, para la comercialización de sus productos que desarrolla los distritos indicados, actualmente la carretera en estudio TA-615, en determinados sectores se encuentran en malas condiciones, perjudicando la transitabilidad, seguridad y confort del usuario.

3.2.2. Muestra

La muestra de estudio es la Carretera TA-615, específicamente en el tramo Puente El Peligro en el distrito de Calana – entrada al distrito de Pachia; 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

Determinación de la rugosidad del pavimento flexible.

➤ Definición conceptual.

La rugosidad medida por el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ROADROID que determina la transitabilidad en el pavimento flexible.

➤ Definición operacional.

IRI, Índice de rugosidad internacional, cuyo rango va de 0 (un pavimento ideal, sin ninguna imperfección) hasta 12 (una carretera completamente intransitable) normalmente.

Indicadores:

- ❖ Rugosidad de los pavimentos
- ❖ Índice internacional de rugosidad

- ❖ Escala y características del IRI
- ❖ Cálculo del índice de rugosidad
- ❖ Índice de transitabilidad en función del IRI

3.3.2. Variable Independiente

Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN.

- **Definición conceptual.**

La aplicación de ROADROID y MERLIN son métodos que determinan el IRI, índice de rugosidad internacional cuyos resultados nos permiten determinar la condición de la vía, para ejecutar conservación y mantenimiento de vía.

- **Definición operacional.**

El aplicativo ROADROID y MERLIN representan un conjunto de lineamientos sustentados en procedimientos establecidos en NTP CE.010.

Indicadores:

- Aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID.
- Índice ROADROID (IR)
- IRI estimado.
- IRI calculado
- Rugosímetro de MERLIN.
- Esquema del rugosímetro
- Cálculo del rango D
- Correlación D versus IRI

3.4. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

3.4.1. Técnicas

La técnica en el uso de un teléfono inteligente (Samsung S7), mediante un aplicativo ROADROID y el Rugosímetro de MERLIN, para el cálculo de la rugosidad o regularidad internacional, en base a los datos obtenidos en campo, para determinar el tipo de tratamiento que necesita para mejorar la transitabilidad en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, por otro lado, se calcula la rugosidad internacional con el uso del rugosímetro de MERLIN.

Una vez realizado el trabajo de campo se pasa a gabinete a realizar los cálculos para determinar los valores de la rugosidad utilizando el aplicativo

ROADROID y el índice de rugosidad internacional, utilizando los equipos indicados, una vez conocido los resultados de la rugosidad internacional de ambas metodologías, realizamos un comparativo de similitud, para finalmente indicar el tratamiento que necesita la carretera investigada.

3.4.2. Instrumentos

Rugosímetro de MERLIN.
Smartphone S7 Samsung
Aplicativo ROADROID
Vehículo de aplicación

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

En base a la información obtenida de los reportes del Aplicativo ROADROID referidos del IRI estimado y el IRI calculado, información obtenida cada 20 metros, se procesan los datos adicionales al aplicativo utilizando la hoja electrónica EXCEL.

3.5.1. Procedimiento de ensayo ROADROID

Una vez obtenido la cuenta autorizada gratuita del ROADROID para la utilización del aplicativo, se utiliza para el ensayo un vehículo modelo Hilux –Toyota, para la medición del IRI se utilizó teléfono Samsung Galaxy S7, colocándose el dispositivo en el parabrisas, una vez sujeta el teléfono, se procede a configurar en cada muestreo el celular en los ejes X, Y y Z. en el momento de la calibración se recomienda que los valores X, Y y Z estén lo más cercanos a cero, presionando en el botón verde OK, luego se inicia el ensayo en modo fotografías, modo video o solamente datos.

Una vez culminado el ensayo se procedió a cargar los datos mediante el aplicativo al sistema central de la página web de la empresa.

Para proceder a la importación de los resultados obtenidos se debe ingresar a la página web: www.roadroid.com.pe, e iniciar sesión con el usuario y contraseña obtenido gratuitamente, para iniciar la descarga de la información requerida.

Figura 28

Smartphone Samsung Galaxy S7



Nota: Elaboración propia

Figura 29

Calibración Smartphone Samsung Galaxy S7, ejes X, Y y Z



Nota: Elaboración propia

Figura 30

Inicio del ensayo para obtener el IRI



Nota: Elaboración propia

Figura 31

Envío de datos a la página central de ROADROID



Nota: Elaboración propia

Figura 32

Importación de la información registrada en ROADROID, utilizando usuario y contraseña obtenida.

Nota: Elaboración propia

3.5.2. Procedimiento de ensayo del rugosímetro MERLIN

Para el Rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, se determina en ambos carriles tramos de 400 m. medición de 200 desviaciones en forma consecutiva en toda la vía investigada, mediante el cálculo de la rugosidad internacional (IRI), para el procesamiento de los datos y cálculos se utiliza la Hoja electrónica EXCEL.

Finalmente, con los datos tabulados podremos establecer cuadros comparativos de similitud para proponer una metodología de intervención.

Figura 33

Medición de las deflexiones con el Rugosímetro de Merlín en la carretera TA-615.



Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Resultados del Cálculo de la Rugosidad Aplicando el Rugosímetro de Merlín

La carretera TA-615, es evaluada en ambos carriles, en tramos de 400 m. con una medición consecutiva de 200 lecturas, con el rugosímetro de MERLIN, cuyos datos de campo se procesaron en una hoja electrónica de acuerdo a la metodología, para determinar 9 tramos de evaluación, cuyos resultados se presentan a continuación.

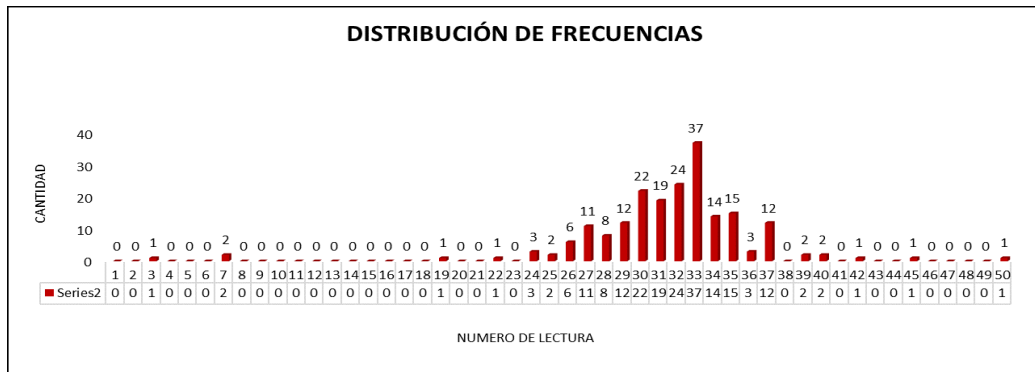
Tabla 7

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

Lecturas de campo – Merlín									
22	37	30	33	28	33	32	34	33	33
40	34	30	31	29	31	34	28	35	31
34	3	31	33	33	33	29	32	50	26
31	33	34	35	33	27	30	27	36	30
25	32	33	33	30	37	34	27	40	36
30	35	32	34	31	33	27	28	35	28
32	30	30	36	29	33	31	31	33	31
37	32	34	28	24	32	29	29	33	32
26	30	30	30	30	32	35	33	37	26
30	37	30	32	37	27	28	31	34	30
35	32	29	37	25	28	29	32	32	34
37	35	33	33	24	27	7	33	32	37
28	29	30	27	33	27	7	33	35	29
33	33	31	35	32	33	42	32	33	34
32	33	33	39	33	26	45	31	37	33
35	33	33	37	31	27	27	32	32	33
30	32	31	35	33	26	19	34	31	24
35	33	35	33	30	30	27	32	35	30
30	29	32	32	29	34	31	35	34	31
31	39	29	26	32	33	37	31	33	30

Nota: Elaboración propia

Figura 34
Distribución de frecuencias, tramo 1



Nota: Elaboración propia

En la figura 34 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 26 y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión.

Tabla 8
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 02

Lecturas de campo – Merlín									
36	28	36	29	37	34	35	31	29	39
30	32	36	38	29	33	19	27	30	28
33	31	32	36	26	29	26	29	29	32
29	32	29	31	49	33	26	30	33	28
34	34	30	29	30	34	28	30	28	33
33	32	33	33	32	26	27	34	37	30
30	28	31	32	36	22	27	34	27	38
32	28	37	34	32	25	34	35	35	31
32	30	33	33	36	30	29	30	30	37
30	30	38	34	37	32	34	32	33	30
34	35	32	33	34	28	31	30	29	40
31	31	35	35	30	30	33	29	34	28
35	33	33	30	31	26	32	31	28	35
26	30	28	33	34	35	30	28	38	32
33	24	32	27	29	29	35	29	34	40
32	29	28	30	32	33	40	29	33	33
33	31	27	30	33	31	34	32	28	37
24	36	24	37	32	34	31	31	20	30
30	31	30	27	30	33	23	31	27	34
31	34	28	32	27	32	26	36	30	37

Nota: Elaboración propia

Figura 35

Distribución de frecuencias, tramo 2



Nota: Elaboración propia

En la figura 35 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 27 y 38, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 9

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

Lecturas de campo – Merlín									
33	31	33	32	26	30	31	31	32	33
30	28	31	31	31	36	29	32	34	34
29	21	31	32	33	27	29	33	33	32
32	36	34	31	28	31	32	30	27	36
30	32	31	31	28	34	30	29	32	32
33	33	33	33	31	30	32	30	30	35
30	2	33	31	32	32	33	27	31	24
34	31	31	31	36	28	33	29	28	35
27	31	31	32	34	29	32	33	31	23
35	33	33	31	33	33	35	32	44	30
30	32	33	30	29	29	31	27	27	33
36	32	33	35	33	32	30	31	34	35
31	29	29	33	34	32	34	31	36	36
33	31	35	29	27	34	33	13	37	32
34	37	39	24	28	33	33	50	33	26
32	35	37	18	32	34	30	12	28	35
30	32	30	34	30	34	32	30	38	37
33	32	34	31	30	33	30	34	32	27
32	31	37	29	31	30	34	30	30	39
30	33	32	32	31	32	33	36	21	30

Nota: Elaboración propia

Figura 36

Distribución de frecuencias, tramo 3



Nota: Elaboración propia

En la figura 36 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 27 y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 10

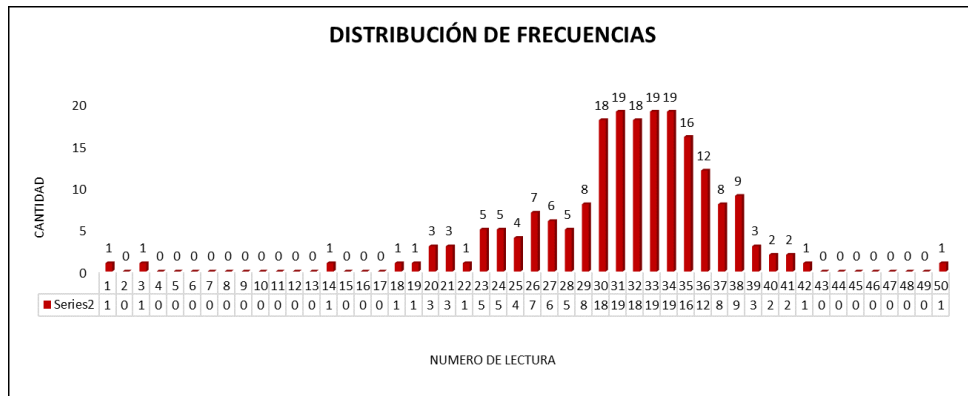
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 04

Lecturas de campo – Merlín									
31	28	26	36	38	28	31	40	37	24
29	31	32	33	29	35	32	34	23	33
30	31	26	20	35	32	25	26	41	30
28	32	18	37	34	27	29	27	22	35
39	32	30	31	23	33	36	31	29	35
35	30	33	21	42	33	30	36	32	50
36	30	38	33	32	29	33	25	37	31
34	34	33	38	34	30	31	34	32	34
36	33	30	21	34	36	26	31	32	28
30	35	24	19	37	32	37	37	26	32
34	39	35	32	40	33	26	29	36	33
29	31	23	35	30	27	31	26	27	34
36	32	31	38	35	3	38	37	39	31
33	31	34	0	38	30	36	27	33	30
35	33	23	35	338	27	33	29	30	38
32	31	38	32	30	25	32	23	34	32
35	34	34	32	31	30	28	20	31	33
34	34	33	36	41	30	34	20	33	30
35	36	36	14	24	34	35	38	30	37
31	35	34	21	31	24	25	35	24	33

Nota: Elaboración propia

Figura 37

Distribución de frecuencias, tramo 4



Nota: Elaboración propia

En la figura 37 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 30 y 38, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 11

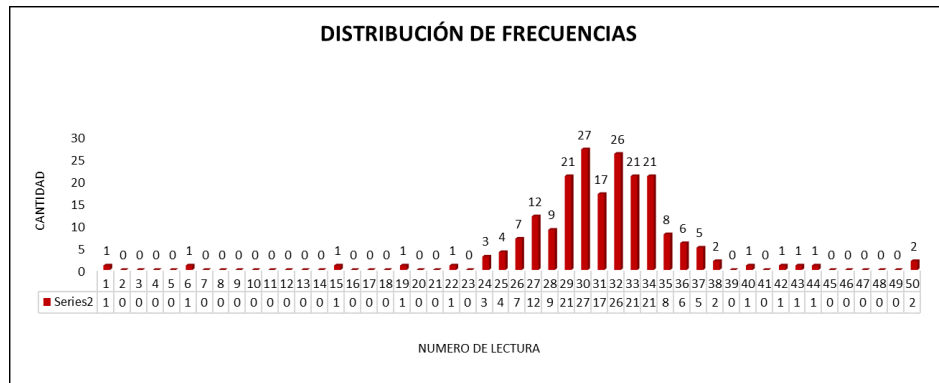
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 05

Lecturas de campo – Merlín									
28	30	30	28	35	33	22	26	30	35
24	30	33	32	31	30	19	30	28	35
29	27	27	32	31	32	30	31	25	26
30	34	30	36	32	32	33	27	35	29
31	32	34	34	33	31	30	40	26	34
32	30	29	31	27	32	34	29	43	35
27	31	33	32	34	32	33	32	37	32
28	34	31	33	30	29	25	32	32	34
34	32	31	30	32	31	34	6	44	29
27	32	33	31	30	32	35	31	34	34
29	29	29	30	15	27	33	33	36	32
29	27	27	35	37	31	32	33	33	29
30	25	42	33	30	38	30	36	35	31
30	34	32	29	29	27	28	29	34	33
27	32	30	31	29	24	34	26	37	34
30	34	37	34	25	50	31	32	34	27
36	26	33	30	32	32	34	24	26	28
30	33	36	29	30	50	31	36	33	30
28	33	33	33	30	0	30	32	28	29
29	34	29	29	29	26	33	38	28	37

Nota: Elaboración propia

Figura 38

Distribución de frecuencias, tramo 5



Nota: Elaboración propia

En la figura 38 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 12

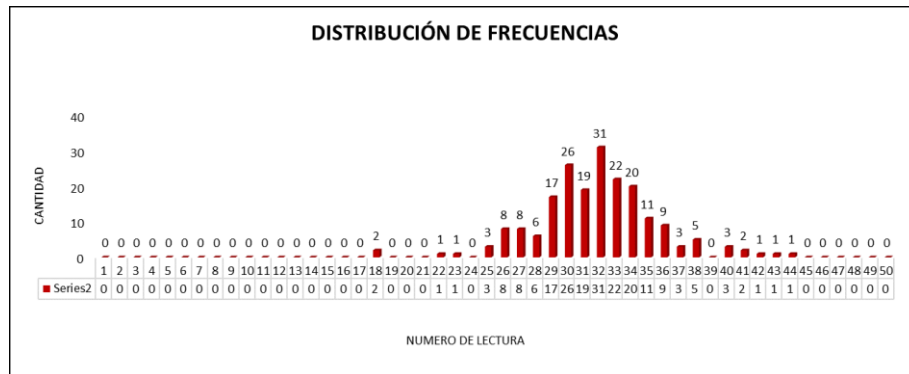
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 06

Lecturas de campo – Merlín									
27	32	30	32	33	25	29	30	33	29
30	18	31	30	25	38	31	34	30	30
34	29	32	35	29	26	32	31	33	30
36	34	31	32	32	32	34	29	36	33
41	34	33	32	27	34	31	34	30	31
26	26	34	40	41	32	25	32	28	28
34	34	30	31	22	31	26	30	32	32
31	33	18	38	27	30	26	30	32	33
27	32	26	30	30	37	29	36	38	31
35	30	27	34	33	29	33	30	38	32
34	29	35	32	35	31	33	29	34	32
30	34	33	33	35	35	37	37	29	31
43	31	30	36	44	29	40	31	32	33
36	42	27	32	36	34	28	29	30	29
40	32	33	31	32	35	35	30	33	34
31	33	32	29	32	30	28	33	33	35
30	28	36	29	38	27	35	36	31	23
30	27	29	33	33	29	30	34	32	33
26	35	31	34	33	26	32	28	31	34
34	32	30	30	36	32	32	32	32	32

Nota: Elaboración propia

Figura 39

Distribución de frecuencias, tramo 6



Nota: Elaboración propia

En la figura 39 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 26 y 38, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 13

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

Lecturas de campo – Merlín									
30	32	32	35	30	31	29	12	31	33
7	29	26	30	29	32	30	32	31	35
32	33	30	34	31	32	35	31	35	37
29	31	30	32	31	31	30	33	34	31
30	32	29	33	26	37	31	34	32	32
32	31	46	29	14	28	35	32	30	33
33	32	32	33	32	30	35	33	32	29
36	33	32	35	29	34	30	32	30	28
30	32	31	35	31	34	38	31	32	37
29	30	35	33	31	27	27	33	30	36
29	32	31	35	33	35	35	32	33	35
35	28	34	28	27	33	30	31	34	32
33	33	32	33	29	38	29	33	28	37
36	31	31	33	33	34	33	33	31	34
31	9	32	34	35	30	31	35	31	28
32	29	32	34	30	31	37	50	31	31
33	33	33	32	25	28	34	37	31	29
29	30	35	30	32	30	35	39	40	28
29	32	32	30	32	34	31	32	41	30
34	34	30	33	34	30	33	38	32	31

Nota: Elaboración propia

Figura 40

Distribución de frecuencias, tramo 7



Nota: Elaboración propia

En la figura 40 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 28 y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 14

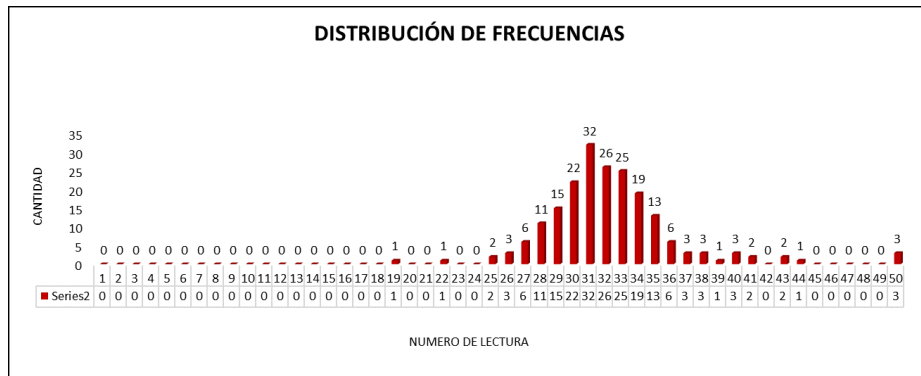
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 08

Lecturas de campo – Merlín									
31	30	33	33	30	28	30	32	30	34
40	27	31	29	19	40	32	36	29	32
30	34	35	33	29	32	31	33	28	31
34	34	35	29	29	38	32	28	27	33
32	34	35	29	28	28	32	32	28	31
33	28	35	31	31	31	33	34	29	33
33	26	34	33	33	29	31	30	31	31
31	27	25	30	25	35	30	34	36	33
32	30	43	35	30	31	32	31	32	33
34	30	30	34	33	35	35	30	37	29
32	34	35	26	34	33	31	31	33	31
30	31	38	31	29	32	35	34	34	33
32	32	33	39	35	30	33	33	33	33
32	28	38	44	22	31	33	31	31	50
31	30	36	36	33	36	30	32	30	35
34	29	34	32	30	36	32	43	31	32
32	29	29	31	32	31	40	30	31	32
33	30	27	29	30	34	34	27	28	31
27	37	29	28	31	35	32	31	32	26
41	28	32	34	31	31	50	41	37	50

Nota: Elaboración propia

Figura 41

Distribución de frecuencias, tramo 8



Nota: Elaboración propia

En la figura 41 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25 y 36, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 15

Datos de campo para medición de la rugosidad, carril derecho - Tramo 09

Lecturas de campo – Merlín									
39	34	26	31	38	35	37	28	32	32
27	32	28	29	37	31	34	34	33	26
34	35	40	35	42	28	37	30	37	36
32	30	32	35	24	34	29	31	32	32
31	40	31	29	35	32	31	27	38	33
37	32	27	25	31	29	37	28	27	30
31	26	28	32	30	30	27	35	33	31
31	22	38	30	27	25	30	35	31	25
29	28	33	30	37	28	32	34	34	38
26	29	40	37	32	37	15	33	32	37
33	30	29	37	24	35	0	32	35	32
38	36	34	30	22	24	29	30	27	36
28	28	23	29	30	34	35	32	34	28
26	34	27	29	34	33	44	26	32	34
34	35	31	25	36	31	40	27	35	30
38	33	32	32	31	30	30	39	33	34
33	32	39	39	31	33	29	32	32	37
36	35	32	30	31	19	31	39	24	28
37	32	32	38	28	31	32	40	29	33
41	35	30	30	29	0	29	29	26	33

Nota: Elaboración propia

Figura 42

Distribución de frecuencias, tramo 9



Nota: Elaboración propia

En la figura 42 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25 y 40, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 16

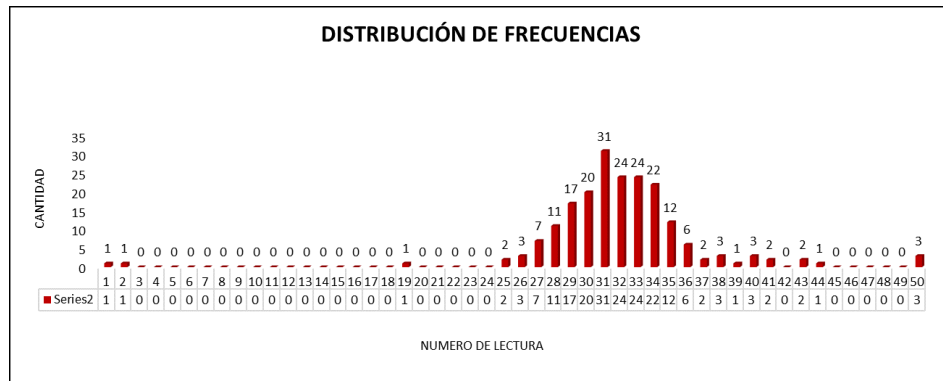
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 01

Lecturas de campo – Merlín									
31	30	34	34	30	28	30	32	29	34
40	27	31	29	19	40	32	36	29	32
30	34	35	33	29	32	31	33	28	31
34	34	35	29	29	38	32	28	27	33
32	34	35	29	28	28	32	32	28	31
33	28	35	31	31	31	33	34	29	33
33	26	34	33	33	29	31	30	31	31
31	27	25	30	25	35	30	34	36	33
32	30	43	35	30	31	32	31	32	33
34	30	30	34	33	33	35	30	37	29
32	34	35	26	34	33	31	31	33	34
30	31	38	31	29	32	35	34	34	33
32	32	33	39	35	0	33	33	33	33
32	28	38	44	32	31	33	31	31	50
31	30	36	36	33	36	30	32	30	35
34	29	34	32	30	36	2	43	31	32
332	29	29	31	32	31	40	30	31	29
33	30	27	29	30	34	34	27	28	31
27	37	29	28	31	35	32	31	32	26
41	28	32	34	31	31	50	41	27	50

Nota: Elaboración propia

Figura 43

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 1



Nota: Elaboración propia

En la figura 43 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25 y 38, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 17

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

Lecturas de campo – Merlín									
39	34	26	31	38	35	37	28	32	32
27	32	28	29	37	31	34	34	33	26
34	35	40	35	42	28	37	30	37	36
32	30	32	35	24	34	29	31	32	32
31	40	31	29	35	32	31	27	38	33
37	32	27	25	31	29	37	28	27	30
31	26	2	32	30	30	27	35	33	31
31	22	38	30	27	25	30	35	31	25
29	28	33	30	37	28	32	34	34	38
26	29	40	37	32	37	15	33	32	37
33	30	29	37	24	35	0	32	35	32
38	36	34	30	22	24	29	30	27	36
28	28	23	29	30	34	35	32	34	28
26	34	27	29	34	33	44	26	32	37
34	35	31	25	36	31	40	27	35	30
38	33	32	32	31	30	30	39	33	34
33	32	39	39	31	33	29	32	32	37
36	35	32	30	31	19	31	39	24	28
37	32	32	38	28	31	32	40	29	33
41	35	30	30	29	0	29	29	26	33

Nota: Elaboración propia

Figura 44

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 2



Nota: Elaboración propia

En la figura 44 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25 y 40, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 18

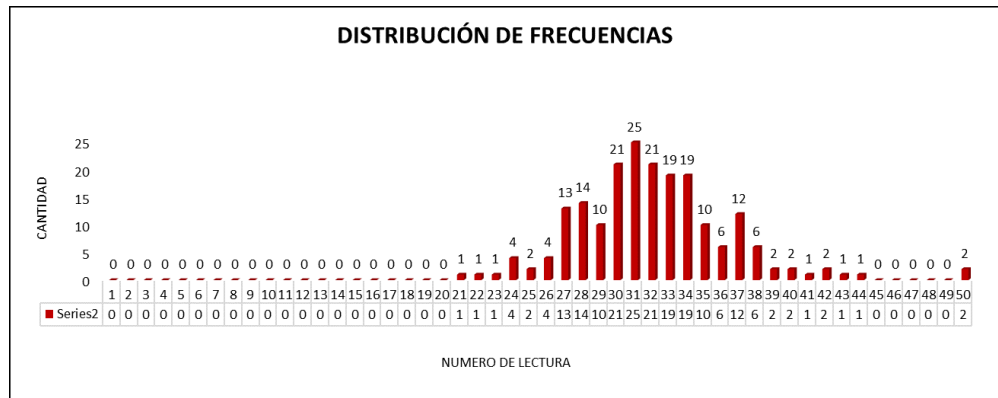
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 03

Lecturas de campo – Merlín									
29	31	34	33	42	44	23	31	32	34
27	50	34	32	39	27	30	29	26	27
33	31	30	34	25	33	31	31	32	33
26	33	37	38	33	31	30	31	26	30
29	33	34	34	35	22	27	38	37	29
32	32	31	32	28	25	39	30	34	21
34	31	32	36	50	41	27	33	32	24
30	32	33	32	29	28	32	35	31	28
42	29	30	33	33	28	37	32	31	31
36	29	33	29	34	30	29	30	33	27
24	31	32	28	28	29	35	36	37	33
28	30	35	30	31	28	30	31	37	32
33	28	38	32	30	34	28	40	30	32
37	28	32	32	43	30	37	37	36	27
34	33	37	31	35	31	38	34	33	31
31	24	27	34	35	31	24	28	37	28
37	38	31	36	27	30	35	38	34	35
30	34	32	31	40	34	32	35	28	31
33	27	34	31	27	30	33	27	26	37
35	34	32	30	30	31	27	30	36	34

Nota: Elaboración propia

Figura 45

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 3



Nota: Elaboración propia

En la figura 45 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25 y 38, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 19

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

Lecturas de campo – Merlín									
38	35	33	18	29	32	26	32	32	32
32	35	41	50	30	36	30	34	34	41
35	28	30	35	34	35	31	33	35	36
35	27	38	29	29	33	32	25	27	37
33	31	39	25	38	37	38	33	27	31
26	35	33	37	32	37	28	29	38	34
34	40	37	37	31	27	33	50	36	29
32	27	26	35	30	37	30	37	26	24
34	32	28	32	42	40	33	32	26	36
29	32	27	32	18	43	30	31	28	36
33	37	31	26	34	31	34	50	29	34
35	25	34	34	32	47	31	26	37	39
31	32	27	39	37	24	23	42	33	32
31	36	27	36	41	23	37	34	37	20
28	25	30	27	25	34	38	37	32	28
33	29	29	33	28	35	29	30	28	22
31	33	28	39	19	36	38	36	33	25
33	32	34	34	35	24	26	36	48	34
30	38	35	35	29	34	33	39	41	36
35	31	38	32	25	31	35	38	32	35

Nota: Elaboración propia

Figura 46

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 4



Nota: Elaboración propia

En la figura 46 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25 y 41, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 20

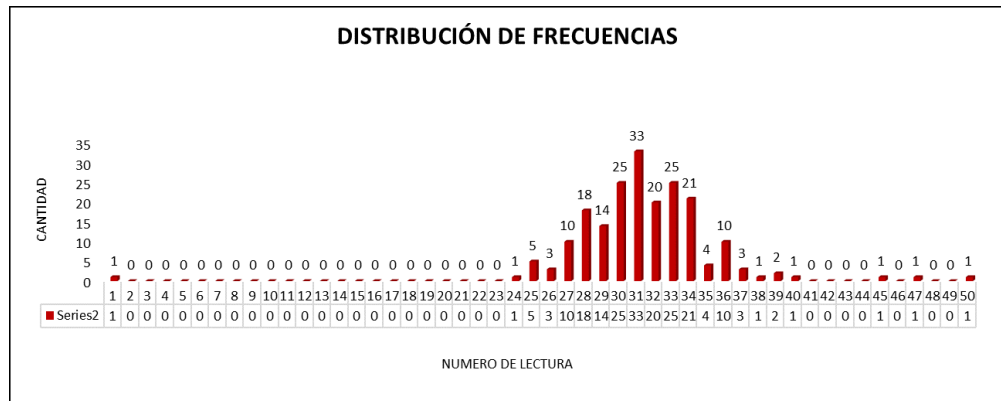
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 05

Lecturas de campo – Merlín									
40	33	31	34	28	30	29	31	29	31
31	34	50	31	36	31	26	27	36	33
36	36	30	33	31	29	30	29	29	37
28	33	28	35	33	32	33	47	31	33
32	31	32	30	29	32	32	32	30	33
31	33	36	31	26	33	27	31	33	29
35	34	31	33	30	34	34	28	30	28
30	31	33	32	33	36	28	30	34	27
34	32	25	0	32	34	31	27	30	25
36	30	34	31	45	28	29	33	30	25
36	33	24	28	32	29	30	31	31	31
34	32	28	26	33	34	31	28	32	25
33	27	30	33	31	28	29	31	30	30
39	32	32	31	25	31	37	31	27	27
34	33	31	29	30	32	30	28	34	34
37	32	31	30	30	35	34	33	31	29
38	28	30	34	29	32	31	33	36	27
34	27	30	33	31	31	34	28	30	39
28	27	29	32	28	34	33	35	31	34
36	31	30	32	28	32	34	30	28	33

Nota: Elaboración propia

Figura 47

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 5



Nota: Elaboración propia

En la figura 47 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 25 y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 21

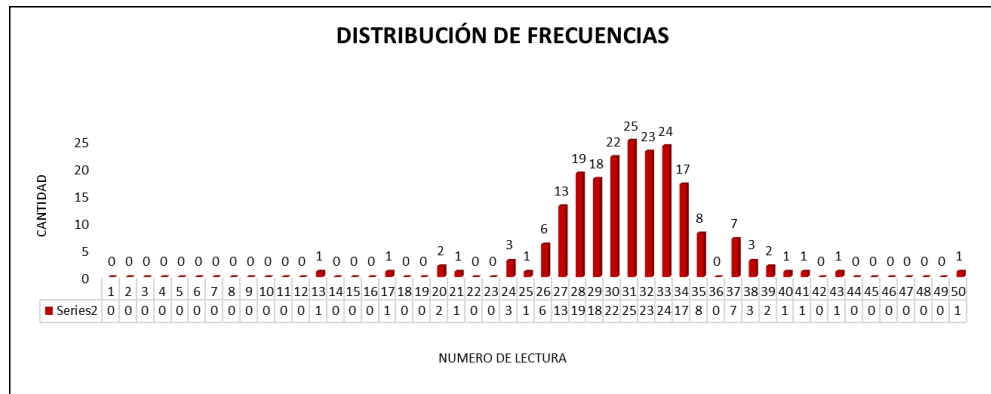
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 06

Lecturas de campo – Merlín									
31	39	33	40	29	34	30	29	30	26
37	27	37	27	30	29	34	32	29	31
28	39	31	28	30	31	28	28	24	31
35	30	37	34	20	30	31	33	31	31
28	34	34	28	13	33	33	27	32	32
28	31	38	30	30	33	37	31	29	30
30	35	31	33	27	27	31	32	33	33
29	34	32	29	29	28	31	34	33	30
32	37	33	32	27	28	50	31	24	26
30	30	32	31	32	34	33	21	33	35
28	38	27	28	34	28	29	24	31	28
34	30	35	32	30	33	38	29	34	32
31	37	31	29	37	30	29	29	26	28
33	27	30	33	32	30	32	25	32	33
34	34	26	31	34	27	35	43	27	35
32	29	28	30	31	33	32	17	31	32
28	33	41	29	31	29	35	26	28	34
27	33	30	32	30	31	33	32	27	31
20	33	30	31	32	26	32	27	28	32
34	32	28	29	33	34	35	33	33	29

Nota: Elaboración propia

Figura 48

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 6



Nota: Elaboración propia

En la figura 48 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 26 y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 22

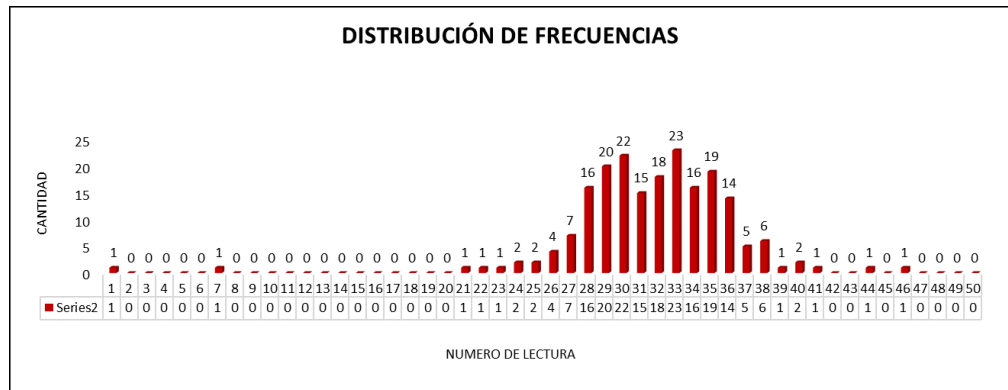
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 07

Lecturas de campo – Merlín									
34	33	35	34	32	27	37	28	34	38
35	40	32	29	30	35	44	33	30	32
34	37	34	30	24	36	36	35	31	33
33	35	28	32	29	37	32	30	33	36
28	31	28	35	30	35	33	32	33	35
32	32	28	28	33	36	31	31	34	33
33	29	28	30	22	28	27	46	33	32
29	36	29	35	29	34	33	26	30	31
40	34	33	32	26	31	36	28	33	35
34	36	31	33	25	36	28	34	36	28
35	30	29	29	27	28	34	33	29	30
30	35	31	28	21	30	28	33	31	31
32	7	37	32	29	32	36	35	27	35
32	37	27	34	28	35	29	30	31	30
26	38	35	33	30	29	34	33	33	29
30	36	38	31	31	30	36	29	39	23
32	33	38	30	35	32	31	28	36	32
35	35	30	33	29	34	29	29	41	25
32	26	0	29	30	38	34	31	29	30
29	34	27	30	24	36	33	30	38	27

Nota: Elaboración propia

Figura 49

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 7



Nota: Elaboración propia

En la figura 49 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 26 y 38, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 23

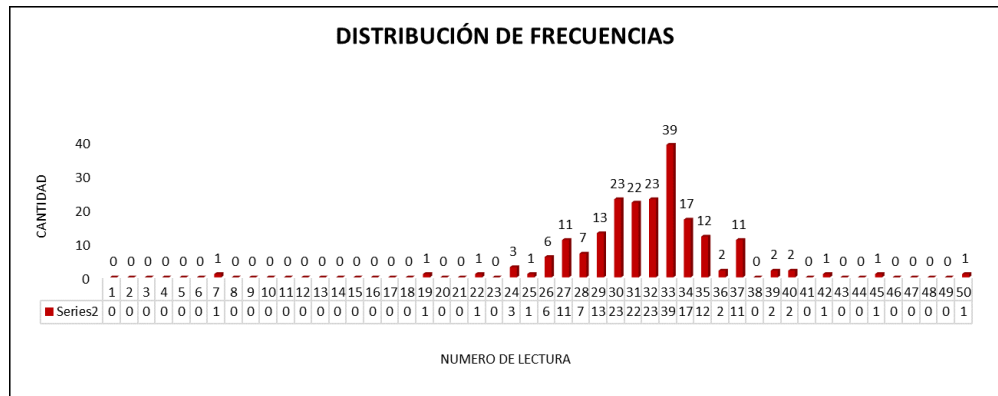
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 08

Lecturas de campo – Merlín									
22	37	30	33	28	33	32	34	33	33
40	34	30	31	29	31	34	28	35	31
34	34	31	33	33	33	29	32	50	26
31	33	34	35	33	27	30	27	36	30
30	32	33	33	30	37	34	27	40	36
31	35	32	34	31	33	27	28	35	28
34	30	30	26	29	33	31	31	33	31
33	32	34	28	24	32	29	29	33	32
32	30	30	30	30	32	35	33	37	26
30	37	30	32	37	27	28	31	34	30
34	32	29	37	25	28	37	31	32	34
30	35	33	33	24	27	29	32	32	37
30	29	30	27	33	27	7	33	35	29
29	33	31	35	32	33	42	32	33	34
33	33	33	39	33	26	45	31	37	33
30	33	33	37	31	27	27	32	32	33
31	32	31	35	33	26	19	34	31	24
33	33	35	33	30	30	27	32	35	30
33	29	32	32	29	34	31	35	34	31
31	39	29	26	32	33	37	31	33	30

Nota: Elaboración propia

Figura 50

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 8



Nota: Elaboración propia

En la figura 50 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 26 y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 24

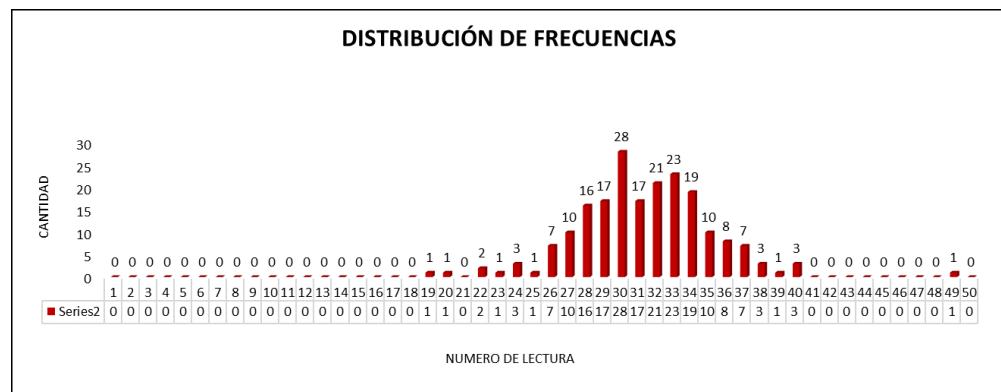
Datos de campo para medición de la rugosidad, carril izquierdo - Tramo 09

Lecturas de campo – Merlín									
36	28	36	29	37	34	35	31	29	39
30	32	36	38	29	33	19	27	30	28
33	31	32	36	26	29	26	29	29	32
29	32	29	31	49	33	26	30	33	28
34	34	30	29	30	34	28	30	28	33
33	22	33	33	32	26	27	34	37	30
30	28	31	32	36	22	27	34	27	38
32	28	37	34	32	25	34	35	35	31
32	30	33	33	36	30	29	30	30	37
30	30	38	34	37	32	34	32	33	30
34	35	32	33	34	28	31	30	29	40
31	31	35	35	30	30	33	29	34	28
35	33	33	30	31	26	32	31	28	35
26	30	28	33	34	35	30	28	28	32
33	24	32	27	29	29	35	29	34	40
32	29	28	30	32	33	40	29	33	33
33	31	27	30	33	31	34	32	28	27
24	36	24	37	32	34	31	31	20	30
30	31	30	27	30	33	23	31	27	34
31	34	28	32	27	32	26	36	30	37

Nota: Elaboración propia

Figura 51

Distribución de frecuencias, carril izquierdo; tramo 9



Nota: Elaboración propia

En la figura 51 se puede observar que la mayor cantidad de desviaciones se encuentran entre los intervalos 26 y 37, lo cual nos indica que la mayoría del tramo presenta depresión

Tabla 25

Cuadro resumen de la rugosidad obtenida con el rugosímetro de merlin

CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO	
PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)	PROGRESIVA	RUGOSIDAD (m/km)
0+000 al 0+400	3.44	0+000 al 0+400	3.51
0+400 al 0+800	3.40	0+400 al 0+800	3.97
0+800 al 1+200	3.14	0+800 al 1+200	3.56
1+200 al 1+600	4.77	1+200 al 1+600	4.28
1+600 al 2+000	3.53	1+600 al 2+000	2.83
2+000 al 2+400	3.56	2+000 al 2+400	2.98
2+400 al 2+800	2.94	2+400 al 2+800	3.30
2+800 al 3+200	3.71	2+800 al 3+200	3.10
3+200 al 3+600	4.20	3+200 al 3+600	3.18

Nota: Elaboración propia

4.2. Resultados del Cálculo de la Rugosidad Aplicando ROADROID

4.2.1. Datos importados del aplicativo ROADROID

Tabla 26

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+000m al 0+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-17,927,229	-70,175,845	20	25.43	969.18	0	1.64	1.15
-179,271,374,358,025	-701,756,863,928,223	40	31.5	969.98	4.12	3.34	3.46
-179,270,309,705,919	-701,755,543,456,987	60	38.44	970.56	2.88	5.09	2.82
-17,926,863,694,362	-701,754,105,207,715	80	38.26	971.09	2.65	5.25	3.46
-179,266,751,803,586	-701,752,795,186,495	100	40.04	971.52	2.14	3.17	3.63
-17,926,648,283,603	-701,752,617,688,324	120	41.63	971.96	2.23	3.05	3.53
-179,264,314,942,087	-701,751,170,446,955	140	43.64	972.52	2.78	2.11	3.57
-179,262,171,242,976	-701,749,424,709,843	160	44.85	972.89	1.87	2.34	2.82
-179,261,775,886,663	-701,749,085,045,711	180	46.67	973.26	1.85	2.45	2.88
-179,259,396,263,222	-701,747,000,676,045	200	48.89	973.66	1.98	2.16	2.88
-179,258,830,971,342	-701,746,487,994,619	220	49.98	973.95	1.48	2.22	2.86
-179,258,239,083,932	-701,745,951,196,666	240	51.08	974.41	2.28	3.53	2.63
-179,256,653,344,298	-701,743,636,917,051	260	51.05	974.88	2.34	4.86	3.19
-179,255,095,647,917	-701,743,120,042,586	280	50.55	975.4	2.61	3.63	3.58
-179,252,649,623,007	-701,740,791,722,049	300	50.88	975.95	2.77	7.33	3
-17,925,204,921,187	-701,740,228,553,879	320	51.41	976.31	1.8	7.55	4.42
-1,792,514,236,295	-70,173,964,813,914	340	52.32	976.84	2.63	2.47	4.96
-179,248,724,231,636	-701,737,190,281,832	360	53.26	977.4	2.82	2.23	3.2
-179,248,017,504,574	-701,736,557,167,596	380	53.89	977.79	1.92	2.83	2.98
-179,247,291,752,176	-701,735,902,874,571	400	54.83	978.34	2.79	2.17	3.19
-179,244,369,296,076	-701,733,314,561,085	420	56	978.9	2.78	2.35	4.04
-179,243,548,022,474	-701,732,584,783,659	440	56.7	979.3	2.02	2.73	3.7
-179,242,715,830,289	-701,731,846,138,453	460	57.21	979.71	2.05	4.6	3.36
-179,241,865,450,738	-701,731,095,264,492	480	58.11	980.3	2.92	3.71	4.9
-179,238,702,969,647	-701,728,314,546,991	500	59.1	980.88	2.9	3.17	4.79

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 27

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+500m al 1+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,237,770,268,895	-701,727,488,531,863	520	59.73	981.29	2.03	2.57	3.91
-179,236,816,838,827	-701,726,863,941,229	540	60.38	981.68	1.97	2.95	3.92
-17,923,583,234,294	-701,725,763,599,594	560	61.02	982.08	1.97	4.83	3.93
-179,234,818,221,007	-701,724,864,902,527	580	61.81	982.47	2	3.96	4.35
-179,233,782,195,362	-701,723,966,089,779	600	62.42	983.11	3.18	3.17	4.29
-179,230,180,233,066	-701,721,148,035,931	620	62.14	983.78	3.35	5.61	3.36
-179,229,033,999,064	-701,720,474,499,463	640	62.17	984.24	2.3	7.27	4.95
-179,227,856,944,168	-701,719,864,127,407	660	62.72	984.69	2.25	3.97	6.54
-179,226,644,334,036	-701,719,272,580,758	680	62.75	985.14	2.22	3.34	4.78
-179,225,450,261,484	-701,718,701,611,758	700	61.47	985.59	2.28	3.42	3.01
-179,224,315,733,565	-701,718,173,625,999	720	59.8	986.24	3.23	3.54	3.78
-179,220,510,313,768	-701,716,415,672,248	740	58.59	986.85	3.07	3.49	5.17
-179,219,484,425,442	-701,715,928,938,368	760	58.16	987.28	2.13	3.35	6.17
-179,218,457,796,942	-701,715,474,975,211	780	58.09	987.7	2.15	3.33	5.21
-179,217,421,439,193	-701,715,034,451,942	800	58.12	988.38	3.36	3.2	4.04
-179,213,719,979,359	-701,713,376,756,662	820	58.14	989.08	3.52	3.02	3.64
-17,921,269,090,899	-7,017,129,623,529	840	58.1	989.59	2.55	2.38	4.41
-179,211,689,063,009	-70,171,254,209,539	860	57.05	990.12	2.62	2.95	5.19
-1,792,107,625,277	-701,712,139,323,456	880	55.09	990.92	4.01	2.02	3.52
-179,207,399,739,591	-701,710,524,285,353	900	54.35	991.72	4.04	2.7	2.9
-179,206,563,086,744	-701,710,094,081,285	920	54.16	992.25	2.62	2.92	3.11
-179,205,745,216,451	-701,709,684,204,812	940	53.51	993	3.75	2.22	3.54
-179,202,499,734,893	-701,708,136,462,511	960	53.38	993.72	3.6	2.07	3.76
-179,201,713,554,033	-701,707,777,070,015	980	52.9	994.18	2.27	3.97	3.77
-179,200,967,548,205	-701,707,437,270,179	1000	51.64	994.78	3.04	3.92	3.18

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 28

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+000m al 1+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,197,831,280,865	-701,708,105,886,108	1020	52.37	995.38	2.98	3.62	2.43
-179,197,032,831,162	-701,705,879,125,413	1040	52.99	995.99	3.08	3.71	2.04
-179,193,589,996,103	-701,705,347,906,463	1060	51.81	996.58	2.94	3.88	2.18
-179,192,852,988,046	-701,705,252,643,619	1080	49.66	996.94	1.8	6.53	2.18
-17,919,221,676,162	-701,705,170,768,271	1100	48.11	997.47	2.67	5.2	2.18
-179,189,228,673,239	-701,704,774,276,405	1120	48.35	998.02	2.73	4.61	2.16
-179,188,608,191,568	-701,704,686,228,735	1140	48.67	998.58	2.84	6.19	3.06
-179,185,565,224,163	-701,704,216,192,224	1160	48.87	999.16	2.88	3.89	3.65
-179,184,934,516,297	-701,704,119,560,141	1180	47.85	999.7	2.68	2.83	3.41
-179,182,011,053,308	-701,703,672,797,891	1200	46.22	1000.22	2.64	2.4	2.65
-179,181,502,033,098	-701,703,590,823,723	1220	46.39	1000.77	2.74	2.55	2.54
-179,178,761,557,658	-701,702,826,499,268	1240	45.17	1001.55	3.88	3.69	2.76
-17,917,632,966,684	-701,701,669,086,011	1260	43.86	1002.16	3.07	5.48	3.45
-179,175,991,679,172	-701,701,481,742,885	1280	42.55	1002.8	3.16	3.45	3.73
-179,173,919,443,328	-701,700,177,512,128	1300	40.9	1003.7	4.52	5.54	3.33
-179,172,081,356,615	-701,698,785,541,664	1320	39.8	1004.68	4.92	5.91	3.57
-179,170,390,100,301	-701,697,343,241,039	1340	38.63	1005.42	3.68	4.4	3.49
-179,170,298,423,955	-70,169,726,928,207	1360	38.19	1006.15	3.63	4.34	3.11
-179,168,730,878,318	-701,695,865,078,929	1380	38.6	1007.07	4.63	5.76	3.73
-179,167,164,653,339	-701,694,376,978,744	1400	39.04	1007.93	4.27	5.01	3.64
-179,165,541,059,441	-701,692,865,624,694	1420	40.16	1008.79	4.32	5.61	3.22
-179,163,687,342,618	-701,691,432,305,254	1440	41.18	1009.46	3.35	3.12	3.5
-179,163,438,006,452	-701,691,250,862,443	1460	42.7	1010.15	3.47	3	3.23
-179,161,430,597,427	-701,689,587,948,978	1480	44.24	1011.06	4.52	7.21	3.49
-179,159,415,625,184	-701,687,752,116,143	1500	44.87	1011.69	3.17	3.76	6.52

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 29

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+500m al 2+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,159,053,920,017	-701,687,425,482,262	1520	45.25	1012.33	3.2	5.31	4.14
-179,156,912,638,912	-701,685,627,613,656	1540	44.85	1013	3.33	4.61	4.32
-179,156,572,543,339	-701,685,348,140,311	1560	44.7	1013.7	3.51	3.91	4.73
-179,154,377,251,219	-701,683,713,883,375	1580	45.13	1014.62	4.63	3.22	3.02
-179,151,988,496,341	-701,682,306,127,878	1600	45.88	1015.29	3.31	3.76	3.45
-17,915,155,168,017	-70,168,205,605,343	1620	45.92	1015.94	3.27	3.2	2.35
-179,149,047,725,154	-70,168,082,488,332	1640	45.68	1016.6	3.27	3.19	2.77
-179,148,560,355,984	-701,680,622,753,723	1660	47.24	1017.24	3.21	3.92	3.43
-179,145,793,559,619	-701,679,499,350,912	1680	47.83	1017.88	3.22	3.03	2.81
-179,145,226,002,342	-70,167,926,957,981	1700	47.75	1018.57	3.45	3.8	2.34
-179,142,428,353,071	-701,678,241,941,221	1720	46.9	1019.32	3.73	3.82	2.06
-179,141,963,569,908	-701,678,075,392,051	1740	44.45	1020.17	4.29	3.99	2.35
-179,139,930,453,646	-701,676,599,062,671	1760	41.58	1021.3	5.62	3.68	2.42
-179,138,683,371,221	-701,674,714,860,339	1780	35.62	1022.32	5.1	2.75	1.27
-179,137,210,822,949	-701,671,964,783,104	1800	25.99	1023.79	7.34	3.3	1.76
-179,136,835,272,459	-701,671,064,398,625	1820	25.06	1025.12	6.66	2.61	1.4
-179,136,100,721,342	-701,670,351,830,649	1840	31.66	1025.72	3.02	2.73	1.08
-179,135,303,920,741	-701,668,987,297,552	1860	38.06	1026.28	2.82	3.94	1.58
-179,134,166,829,776	-70,166,712,270,726	1880	43.24	1026.89	3.05	3.01	2.39
-179,132,609,113,265	-701,664,944,212,477	1900	46.1	1027.38	2.41	2.79	2.85
-179,132,284,507,864	-701,664,511,891,305	1920	47.39	1027.87	2.48	5.19	2.89
-179,130,220,732,154	-701,662,314,648,616	1940	48.28	1028.34	2.35	4.74	2.91
-179,129,753,913,868	-701,661,833,769,006	1960	49.87	1028.79	2.27	4.87	3.66
-179,127,247,877,798	-701,659,602,580,673	1980	51.42	1029.21	2.08	5.01	5.14
-179,126,570,550,248	-701,659,130,925,626	2000	52.04	1029.57	1.82	3.29	4.26

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 30

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+000m al 2+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,123,658,744,439	-701,657,076,223,519	2020	52.83	1029.96	1.93	3.87	3.36
-179,122,909,931,112	-701,656,576,620,741	2040	53.51	1030.25	1.45	3.15	2.89
-179,122,134,137,691	-701,656,060,505,191	2060	54.36	1030.56	1.58	3.06	3.55
-17,912,133,209,088	-701,655,528,213,656	2080	54.89	1031.06	2.46	3.79	3.61
-179,118,213,235,595	-701,653,447,072,042	2100	53.74	1031.54	2.42	3.93	2.4
-179,117,512,602,921	-70,165,296,486,314	2120	51.32	1031.98	2.2	3.32	2.14
-179,114,733,839,835	-701,651,069,686,618	2140	50.59	1032.4	2.12	4.61	2.24
-179,114,104,060,488	-70,165,067,317,535	2160	50.62	1032.68	1.37	4.2	2.47
-179,113,475,417,898	-701,650,283,250,739	2180	50.94	1033.07	1.95	3.93	2.64
-179,110,575,332,856	-701,648,610,147,218	2200	51.37	1033.46	1.92	3.43	2.62
-179,109,901,346,479	-701,648,234,843,291	2220	50.89	1033.85	1.97	3.67	2.61
-179,107,005,925,072	-701,646,632,678,869	2240	50.24	1034.26	2.03	3.64	2.79
-17,910,639,280,335	-701,646,296,074,555	2260	49.67	1034.72	2.32	3.68	2.12
-17,910,365,050,193	-701,644,797,862,148	2280	49	1035.21	2.45	4.55	2.33
-17,910,309,323,139	-701,644,489,572,995	2300	49.08	1035.69	2.4	3.57	2.56
-179,100,352,777,388	-701,642,937,284,306	2320	48.97	1036.16	2.35	3.44	1.93
-179,099,849,518,472	-701,642,628,912,329	2340	46.68	1036.65	2.47	4.86	2.67
-179,097,834,264,512	-701,641,022,629,453	2360	43.89	1037.16	2.51	3.16	3.21
-179,097,570,838,775	-701,640,772,435,544	2380	44.58	1037.68	2.64	4.58	4.05
-17,909,537,201,556	-701,638,909,970,473	2400	46.72	1038.31	3.13	3.41	5.39
-179,094,889,519,247	-701,638,535,973,827	2420	48.51	1039.13	4.12	3.26	3.49
-1,790,925,275,318	-701,636,400,628,935	2440	50.08	1040.04	4.53	3.65	2.22
-17,909,200,447,763	-701,635,843,373,156	2460	51.22	1040.91	4.37	3.5	1.77
-179,089,645,484,258	-701,633,194,828,831	2480	52.44	1041.72	4.01	3.49	1.49
-179,088,996,739,963	-701,632,526,061,187	2500	53.42	1042.2	2.45	3.98	1.7

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 31

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+500m al 3+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,088,310,579,724	-701,631,832,851,212	2520	54.7	1042.84	3.17	3.76	2.39
-179,085,468,404,095	-701,629,132,996,308	2540	55.9	1043.45	3.05	3.92	3.36
-179,084,634,967,785	-701,628,435,282,936	2560	56.51	1043.88	2.12	3.48	2.47
-179,083,798,951,685	-701,627,740,558,095	2580	56.59	1044.3	2.1	2.2	1.58
-17,908,298,806,978	-701,627,069,048,198	2600	56.01	1044.88	2.93	2.96	2.45
-179,080,045,783,415	-701,624,649,403,559	2620	54.52	1045.45	2.85	2.97	3.26
-179,079,407,119,253	-701,624,124,959,386	2640	52.71	1045.83	1.9	4.06	3.63
-179,078,839,729,096	-701,623,661,291,404	2660	50.82	1046.4	2.83	3.87	2.68
-17,907,625,305,301	-701,621,723,903,103	2680	50.07	1046.96	2.79	2.03	2.09
-179,075,662,781,779	-701,621,306,791,142	2700	50.09	1047.44	2.43	2.83	2.65
-179,072,967,059,314	-70,161,943,262,219	2720	50.2	1047.94	2.47	3.57	4.01
-17,907,239,011,192	-701,619,030,369,497	2740	49.49	1048.46	2.64	3.67	2.58
-179,069,873,876,235	-701,617,232,439,683	2760	48.42	1049.01	2.71	3.75	1.76
-179,069,416,872,025	-701,616,900,876,768	2780	47.52	1049.57	2.84	2.76	2.22
-179,067,040,763,369	-701,615,212,803,186	2800	46.91	1050.14	2.86	3.97	3.34
-179,066,634,385,352	-701,614,925,094,824	2820	45.7	1050.7	2.79	3.74	2.36
-179,064,442,353,003	-701,613,394,902,002	2840	44.45	1051.45	3.75	2.17	1.9
-179,062,275,301,388	-701,611,926,867,592	2860	44.03	1052.01	2.78	4.46	2.69
-179,061,947,215,598	-701,611,700,349,432	2880	44.08	1052.59	2.92	4.21	3.43
-179,059,728,199,695	-701,610,175,466,463	2900	44.97	1053.2	3.01	2.38	3.37
-179,059,279,326,993	-701,609,877,799,819	2920	47.3	1053.8	3.04	2.42	3.09
-179,056,623,986,728	-701,608,154,290,383	2940	49.43	1054.38	2.91	2	2.49
-179,055,980,850,168	-701,607,737,030,288	2960	51.25	1054.98	2.96	2.98	2.62
-179,053,007,669,833	-70,160,585,278,172	2980	52.92	1055.59	3.07	3.11	3.8
-179,052,223,752,146	-701,605,359,810,668	3000	53.99	1055.99	2.02	3.11	3.29

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 32

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 3+000m al 3+700m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril derecho

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,051,407,151,789	-701,604,838,101,193	3020	55.32	1056.6	3.01	2.35	2.52
-179,048,120,027,597	-701,602,730,509,221	3040	56.37	1057.19	2.97	3.48	2.03
-179,047,217,516,043	-70,160,216,511,167	3060	56.82	1057.6	2.02	3.94	3.43
-179,046,313,379,233	-701,601,592,488,362	3080	56.97	1058.03	2.15	2.88	4.83
-179,045,433,570,189	-701,601,029,624,204	3100	56.18	1058.69	3.33	2.23	3.65
-179,042,289,252,515	-70,159,902,419,766	3120	54.76	1059.38	3.42	2.99	2.82
-179,041,567,286,079	-701,598,580,292,317	3140	53.57	1059.83	2.27	2.76	2.58
-179,040,891,601,536	-701,598,165,065,205	3160	51.99	1060.5	3.33	2.76	2.59
-179,038,134,709,832	-701,596,502,078,525	3180	49.54	1061.14	3.24	4.19	3.17
-179,037,693,982,212	-701,596,233,370,073	3200	47.5	1061.76	3.08	3.92	3.33
-179,035,369,948,816	-70,159,457,038,828	3220	47.35	1062.58	4.08	3.85	2.29
-179,033,033,206,214	-701,592,559,361,284	3240	48.74	1063.18	3.02	3.77	1.94
-179,032,504,344,561	-701,592,050,163,352	3260	50.02	1063.58	2.02	3.01	2.03
-179,031,938,749,605	-70,159,149,614,207	3280	51.33	1064.17	2.92	3.94	2.16
-179,029,498,667,849	-701,588,968,503,025	3300	51.8	1064.78	3.05	3.83	2.24
-179,028,928,837,997	-701,588,350,931,108	3320	51.77	1065.39	3.05	3.93	2.19
-179,025,923,191,478	-701,585,275,334,815	3360	51.52	1066.26	1.63	3.5	2.31
-179,025,342,986,247	-701,584,696,308,384	3380	51.37	1066.73	2.33	8.72	3.75
-179,022,913,822,545	-701,582,207,130,557	3400	51.29	1067.18	2.27	6.48	4.48
-179,022,357,537,301	-701,581,625,423,965	3420	51.4	1067.48	1.5	3.98	4.51
-179,021,812,848,278	-701,581,052,040,632	3440	51.24	1067.91	2.13	3.03	3.78
-179,019,420,821,929	-701,578,673,277,372	3460	50.93	1068.3	1.99	3.31	3.04
-17,901,888,582,235	-701,578,147,824,281	3480	50.63	1068.67	1.84	3.97	2.81
-179,016,412,095,913	-701,575,959,242,388	3500	50.18	1069.05	1.88	3.96	3.13
-179,015,844,742,551	-701,575,542,390,352	3520	49.53	1069.43	1.92	3.68	2.34
-17,901,318,900,616	-701,573,838,560,265	3540	48.91	1069.82	1.93	6.28	3.36
-179,012,642,829,042	-701,573,504,132,264	3560	48.42	1070.24	2.1	4.41	4.29
-179,010,038,821,437	-701,571,893,830,796	3580	47.91	1070.7	2.27	3.93	3.29
-179,009,534,439,983	-701,571,584,172,029	3600	47.79	1071.18	2.43	3.04	2.17
-179,006,947,410,748	-701,569,979,167,843	3620	47.64	1071.64	2.27	3.55	2.22
-17,900,645,410,093	-701,569,677,590,761	3640	47.14	1072.09	2.27	3.52	2.73
-17,900,397,320,631	-701,568,161,755,849	3660	46.64	1072.56	2.38	3.66	2.51
-179,003,535,400,393	-701,567,887,982,068	3680	46.21	1073.09	2.64	4.98	2.71
-179,001,165,655,834	-701,566,354,442,864	3700	45.62	1073.64	2.76	7.14	2.9

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 33

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+000m al 0+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-17,899,818	-70,156,498	20	28,15	1112,21	0	7,94	1,28
-179,000,025,593,596	-701,566,522,417,269	40	32,63	1112,19	-0,1	6,79	3,84
-179,001,457,933,893	-701,567,531,215,901	60	33,3	1112,16	-0,13	7,21	3,74
-179,002,788,660,119	-701,568,453,441,491	80	33,8	1112,13	-0,17	6,25	4,29
-179,004,203,158,154	-701,569,405,720,389	100	35,29	1112,04	-0,45	5,08	5,48
-179,005,810,462,403	-701,570,400,408,222	120	36,93	1111,88	-0,8	4,65	4,69
-179,007,543,662,422	-701,571,462,197,453	140	38,86	1111,71	-0,85	4,9	3,85
-179,009,451,450,967	-701,572,643,650,615	160	40,25	1111,57	-0,7	2,15	3,1
-179,009,675,992,019	-701,572,785,568,012	180	40,74	1111,43	-0,72	2,39	2,59
-179,011,628,777,231	-701,573,988,499,648	200	39,61	1111,23	-0,97	7,28	2,63
-179,013,326,936,111	-701,575,074,229,095	220	37,52	1111,08	-0,78	7,08	2,59
-179,014,878,172,728	-701,576,089,203,948	240	37,67	1110,96	-0,58	1,73	2,29
-179,016,511,525,067	-701,577,395,592,915	260	39,65	1110,85	-0,53	1,69	1,96
-179,018,268,863,009	-701,578,932,976,708	280	41,36	1110,74	-0,59	2,87	2,07
-179,018,508,294,624	-701,579,150,922,527	300	42,31	1110,61	-0,64	3,15	2,56
-179,020,352,214,903	-701,580,890,201,472	320	42,46	1110,46	-0,75	2,45	2,64
-179,022,120,145,448	-701,582,632,775,113	340	42,07	1110,36	-0,46	2,39	2,69
-179,022,326,644,088	-701,582,836,556,666	360	41,85	1110,3	-0,31	3,82	3,31
-17,902,401,176,607	-701,584,569,161,223	380	41,65	1110,19	-0,55	5,01	4,01
-17,902,562,885,034	-70,158,647,174,839	400	43,66	1109,92	-1,37	1,74	2,98
-179,027,623,090,877	-701,588,494,969,669	420	45,61	1109,63	-1,45	2,08	2,03
-179,028,059,871,351	-701,588,870,541,704	440	46,8	1109,33	-1,5	1,93	2,57
-179,030,339,694,419	-701,590,922,381,458	460	47,72	1109,08	-1,23	1,57	2,46
-179,030,797,373,414	-701,591,358,823,485	480	47,75	1108,93	-0,76	1,72	2,02
-179,033,044,348,254	-701,593,417,913,428	500	47,21	1108,81	-0,62	2,25	1,89

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 34

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 0+500m al 1+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,033,472,745,629	-701,593,799,107,226	520	47,1	1108,65	-0,82	2,15	2,57
-179,035,776,422,863	-701,595,731,294,837	540	46,82	1108,38	-1,31	2,07	2,54
-17,903,620,920,224	-70,159,606,131,233	560	46,32	1108,04	-1,73	2,09	2,29
-17,903,859,151,352	-701,597,623,437,401	580	46,44	1107,73	-1,55	2,08	2,53
-179,039,052,740,813	-701,597,900,401,038	600	46,96	1107,48	-1,27	2,57	2,23
-179,041,629,830,164	-701,599,421,420,291	620	47,85	1107,24	-1,21	2,71	2,21
-179,042,175,247,077	-701,599,759,298,163	640	48,75	1107	-1,18	2,18	2,4
-179,044,860,870,015	-701,601,406,867,392	660	49,13	1106,78	-1,12	1,8	2,51
-179,045,429,449,887	-701,601,744,998,063	680	49,16	1106,6	-0,89	2,93	1,84
-179,048,108,661,086	-701,603,373,850,567	700	49,01	1106,47	-0,66	3,44	2,01
-179,048,645,352,535	-701,603,697,211,521	720	48,56	1106,39	-0,36	2,1	2,34
-179,051,257,319,617	-701,605,269,128,148	740	48,57	1106,36	-0,17	1,72	2,01
-17,905,177,656,392	-701,605,614,088,222	760	48,53	1106,32	-0,22	2,02	1,82
-179,054,269,943,455	-701,607,307,920,525	780	47,9	1106,22	-0,51	2,18	1,82
-179,054,731,236,619	-701,607,615,216,168	800	47,56	1106,06	-0,79	1,8	1,95
-179,057,231,390,648	-701,609,163,062,202	820	47,16	1105,86	-0,98	1,95	2,04
-17,905,765,349,278	-701,609,429,242,808	840	46,17	1105,67	-0,95	2,68	1,82
-179,059,935,029,547	-701,610,922,466,297	860	44,89	1105,43	-1,18	4,44	2,39
-179,062,114,514,305	-701,612,376,099,062	880	44,11	1105,28	-0,79	4	3,39
-179,062,418,926,585	-701,612,601,675,895	900	43,59	1105,08	-0,99	1,91	3,45
-179,064,448,608,815	-701,614,089,213,434	920	42,68	1104,78	-1,47	1,81	2,2
-179,066,477,452,229	-70,161,552,321,656	940	43,04	1104,57	-1,07	1,84	2,11
-179,066,804,674,081	-701,615,741,168,011	960	44,28	1104,36	-1,07	3,01	2,08
-179,069,083,740,031	-701,617,272,054,277	980	44,98	1104,16	-1,01	3,21	2,92
-179,069,450,819,272	-701,617,528,857,513	1000	44,96	1103,97	-0,94	1,9	3,2

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 35

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+000m al 1+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,071,681,946,608	-701,619,139,259,816	1020	45,47	1103,72	-1,23	2,52	2,57
-179,073,983,229,792	-70,162,072,063,091	1040	45,68	1103,53	-0,93	3,08	3,63
-179,074,385,535,226	-701,621,000,217,293	1060	45,81	1103,36	-0,87	2,65	3,22
-179,076,692,119,111	-70,162,263,757,426	1080	45,62	1103,16	-1	2,4	2,6
-179,077,038,918,315	-701,622,884,564,135	1100	44,33	1102,93	-1,13	4,81	2,81
-179,079,084,821,906	-701,624,294,526,911	1120	42,37	1102,65	-1,42	2,45	3,41
-179,080,928,772,829	-701,625,781,630,206	1140	42,29	1102,51	-0,7	2,63	2,1
-179,081,206,087,238	-701,626,034,194,622	1160	43,98	1102,31	-0,98	2,6	2,25
-179,083,362,951,984	-70,162,785,109,031	1180	46,7	1101,94	-1,85	2,57	3,08
-179,085,746,462,659	-701,629,899,286,856	1200	48,9	1101,66	-1,44	1,84	2,71
-179,086,300,075,547	-701,630,412,153,372	1220	50,04	1101,47	-0,92	1,82	1,96
-179,086,876,792,683	-701,630,949,668,064	1240	51,03	1101,22	-1,23	2,29	1,83
-179,089,325,724,303	-701,633,340,817,253	1260	50,74	1100,99	-1,14	1,87	1,7
-179,089,816,582,012	-701,633,820,816,124	1280	49,34	1100,75	-1,21	2,33	2,17
-179,092,008,037,133	-70,163,597,015,298	1300	48,11	1100,49	-1,32	1,82	3,24
-17,909,241,193,719	-70,163,636,677,586	1320	47,03	1100,23	-1,28	1,67	2,12
-179,094,422,303,262	-701,638,375,484,703	1340	45,58	1099,98	-1,27	2,84	1,63
-179,094,724,647,379	-701,638,682,490,837	1360	44,53	1099,63	-1,73	5,15	2,01
-179,096,488,933,793	-701,640,675,501,782	1380	43,58	1099,05	-2,92	4,38	2,68
-179,098,331,330,345	-701,642,397,608,728	1400	42,74	1098,57	-2,4	3,9	2,72
-179,098,590,257,073	-701,642,602,953,642	1420	43,19	1098,11	-2,3	4,93	4,05
-179,100,818,110,111	-701,643,972,034,709	1440	44,32	1097,46	-3,25	2,6	3,62
-179,103,207,928,778	-701,645,236,998,691	1460	44,73	1096,96	-2,5	3,25	2,81
-179,103,624,900,608	-701,645,476,793,347	1480	45,19	1096,42	-2,68	2,77	2,51
-179,106,101,691,252	-701,646,866,178,654	1500	45,78	1095,89	-2,67	2,23	2,44

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 36

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 1+500m al 2+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,106,572,951,447	-701,647,126,425,312	1520	46,36	1095,38	-2,55	3,65	2,51
-179,109,172,796,755	-701,648,549,522,783	1540	47,03	1094,88	-2,53	6,01	2,87
-17,910,970,949,302	-701,648,838,889,706	1560	47,56	1094,41	-2,33	3,74	3,32
-179,112,385,694,257	-701,650,270,342,488	1580	47,39	1093,97	-2,17	4,55	3,58
-179,112,866,965,607	-701,650,541,019,659	1600	46,5	1093,57	-2,01	10,44	4,22
-17,911,524,606,897	-701,651,995,169,543	1620	45,65	1093,04	-2,68	6,99	4,36
-179,117,577,199,799	-701,653,505,781,311	1640	45,51	1092,62	-2,06	2,01	3,15
-179,118,006,785,992	-701,653,767,528,451	1660	45,97	1092,22	-2,02	2,73	2,16
-179,120,506,907,014	-701,655,315,482,525	1680	46,59	1091,84	-1,88	3,0	2,4
-179,120,978,089,692	-701,655,632,820,094	1700	47,19	1091,42	-2,12	3,1	2,42
-179,123,469,574,764	-701,657,343,702,335	1720	47,68	1090,95	-2,35	2,01	2,69
-179,123,974,734,678	-701,657,681,822,855	1740	47,36	1090,56	-1,95	1,85	2,58
-179,126,428,563,278	-701,659,291,305,289	1760	46,61	1090,24	-1,58	1,92	1,84
-179,126,844,142,973	-701,659,571,598,294	1780	46,03	1089,97	-1,39	4,71	2,39
-179,129,090,629,277	-701,661,174,301,021	1800	44,56	1089,63	-1,7	3,17	2,73
-179,130,994,519,791	-70,166,287,121,768	1820	43,32	1089,38	-1,23	4,77	2,77
-179,131,233,322,015	-701,663,130,397,935	1840	43,69	1089,09	-1,43	3,88	3,04
-179,132,815,710,807	-701,665,316,888,068	1860	44,6	1088,54	-2,77	1,92	2,96
-17,913,421,713,524	-701,667,700,505,354	1880	44,66	1088,02	-2,6	3,8	1,76
-179,134,414,065,241	-701,668,059,599,881	1900	43,49	1087,53	-2,43	3,06	2,49
-179,135,618,952,041	-701,670,226,373,201	1920	39,99	1086,92	-3,05	1,9	2,32
-179,136,462,390,903	-701,671,754,278,458	1940	30	1086,18	-3,7	5,08	1,76
-179,137,240,116,306	-70,167,312,111,527	1960	22,94	1085,24	-4,72	6,62	1,79
-179,137,987,145,699	-701,674,435,719,073	1980	28,82	1084,42	-4,1	4,47	2,73
-179,138,860,483,596	-701,675,797,979,563	2000	34,64	1083,78	-3,17	4,24	2,46

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 37

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+000m al 2+500m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,140,224,586,192	-701,677,237,311,166	2020	38,36	1083,15	-3,17	3,44	2,77
-179,142,411,009,096	-701,678,424,261,214	2040	43,32	1082,51	-3,22	2,2	2,82
-179,145,036,359,189	-701,679,413,472,597	2060	45,95	1081,97	-2,66	2,00	2,88
-179,145,549,044,176	-701,679,597,394,696	2080	46,48	1081,39	-2,91	2,31	2,77
-179,148,212,128,273	-701,680,595,866,848	2100	45,8	1080,84	-2,79	2,12	2,27
-179,148,621,896,803	-701,680,793,870,982	2120	44,95	1080,27	-2,81	2,46	2,42
-179,151,017,433,942	-701,682,139,403,908	2140	45,55	1079,66	-3,09	3,16	2,58
-179,151,535,565,356	-701,682,436,963,104	2160	47,74	1079,02	-3,19	3,33	2,61
-179,154,230,007,556	-701,684,194,490,924	2180	49,48	1078,36	-3,31	3,35	2,47
-179,154,849,673,543	-701,684,600,711,311	2200	50,17	1077,72	-3,19	2,5	2,0
-179,157,566,064,839	-701,686,538,923,517	2220	50,62	1077,15	-2,83	5,32	3,19
-179,158,172,512,416	-701,687,023,809,123	2240	50,92	1076,85	-1,5	5,65	4,61
-179,158,785,322,109	-70,168,752,274,314	2260	50,54	1076,46	-1,97	5,41	4,15
-179,161,271,768,348	-701,689,700,605,609	2280	49,85	1076,06	-1,98	5,77	4,78
-179,161,745,491,148	-701,690,188,611,291	2300	49,27	1075,45	-3,03	4,73	4,96
-17,916,412,584,828	-701,692,202,459,961	2320	48,43	1074,7	-3,74	8,23	3,6
-179,164,576,195,721	-701,692,526,291,083	2340	47,17	1073,98	-3,64	8,11	4,63
-1,791,667,914,445	-701,694,285,763,279	2360	45,83	1073,21	-3,83	5,39	5,92
-179,168,862,338,839	-701,696,180,027,607	2380	45,84	1072,74	-2,33	4,34	5,36
-179,169,265,170,379	-701,696,537,929,226	2400	46,37	1072,32	-2,14	4,28	3,95
-17,917,148,910,831	-701,698,392,701,081	2420	45,95	1071,9	-2,11	5,17	3,05
-179,171,847,468,638	-70,169,868,796,183	2440	45,04	1071,48	-2,09	5,62	3,95
-17,917,396,245,466	-701,700,374,965,123	2460	44,93	1071,08	-2,01	5,5	4,29
-179,174,343,659,092	-701,700,666,265,626	2480	45,57	1070,63	-2,24	5,12	3,92
-179,176,800,282,465	-701,702,105,985,582	2500	45,88	1069,9	-3,65	4,29	3,46

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 38

Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 2+500m al 3+000m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,179,428,196,628	-701,703,236,696,523	2520	46,23	1069,3	-2,96	4,87	3,52
-179,179,944,705,393	-701,703,430,338,192	2540	47,44	1068,6	-3,54	3,49	3,14
-179,182,944,268,734	-701,704,103,580,895	2560	48,9	1067,82	-3,91	2,14	2,58
-17,918,361,471,252	-701,704,128,694,513	2580	49,39	1067,05	-3,81	2,42	2,3
-17,918,673,959,003	-70,170,425,875,369	2600	49,3	1066,42	-3,19	2,05	2,45
-179,187,361,185,595	-701,704,358,530,933	2620	48,53	1065,93	-2,41	5,16	2,94
-179,190,285,705,094	-701,704,808,011,144	2640	47,52	1065,54	-1,97	2,77	3,02
-179,190,769,116,173	-701,704,897,959,282	2660	46,14	1065,18	-1,82	6,76	3,13
-1,791,933,910,701	-701,705,391,309,278	2680	44,92	1064,82	-1,81	9,19	3,67
-179,193,773,207,686	-701,705,463,679,272	2700	44,42	1064,47	-1,71	2,45	3,2
-179,196,362,714,912	-701,705,941,574,159	2720	44,21	1064,01	-2,3	3,58	3,02
-179,198,877,355,683	-701,706,605,120,863	2740	43,82	1063,62	-1,97	3,09	3,46
-179,199,204,566,129	-701,706,739,807,169	2760	43,58	1063,19	-2,13	2,14	3,48
-179,201,643,308,135	-701,707,863,228,842	2780	45,31	1062,78	-2,07	1,98	2,69
-179,202,189,977,715	-701,708,126,170,473	2800	47,96	1062,37	-2,07	1,86	2,83
-179,205,099,340,176	-701,709,582,779,225	2820	49,95	1061,96	-2,01	3,86	2,79
-179,205,804,236,614	-701,709,929,201,048	2840	51,23	1061,56	-2,01	3,84	2,98
-17,920,894,380,053	-701,711,400,849,832	2860	52,19	1061,16	-2,02	2,61	3,6
-179,209,697,741,146	-701,711,832,001,189	2880	52,83	1060,85	-1,55	2,15	3,18
-179,210,479,245,103	-701,712,282,584,807	2900	53,72	1060,19	-3,32	2,85	2,83
-179,213,810,139,767	-701,713,925,639,903	2920	54,51	1059,45	-3,68	2,87	2,99
-17,921,468,588,143	-701,714,305,583,164	2940	54,53	1059	-2,25	3,11	3,31
-179,215,515,736,726	-701,714,664,951,988	2960	53,86	1058,41	-2,95	3,35	3,48
-179,218,761,688,365	-70,171,605,425,806	2980	53,22	1057,87	-2,7	3,65	3,18
-179,219,533,198,072	-701,716,389,422,113	3000	53,05	1057,55	-1,6	2,3	3,68

Nota. Aplicativo Roadroid

Tabla 39

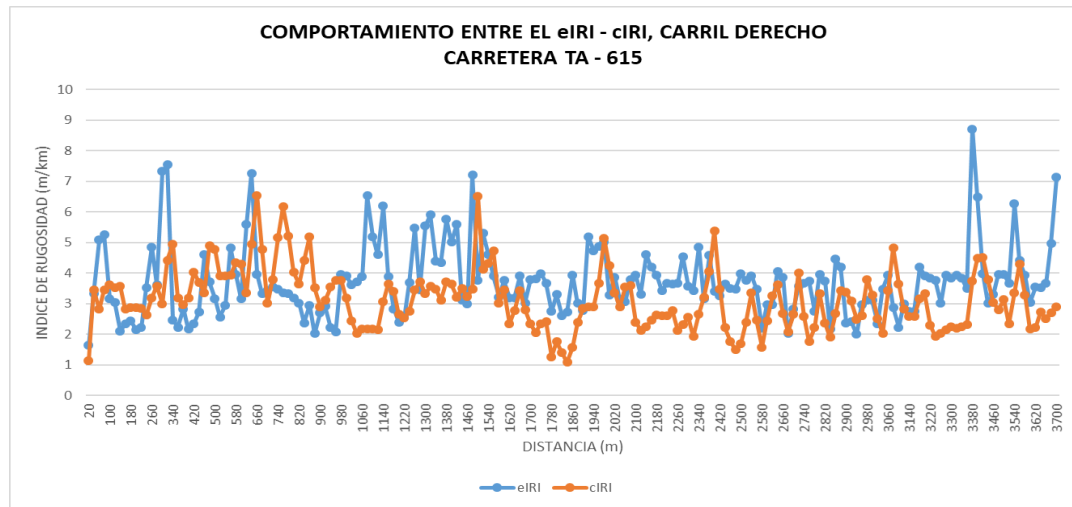
Datos IRI de la carretera TA-615: tramo 3+000m al 3+700m, utilizando el aplicativo ROADROID evaluados cada 20m. en el carril izquierdo

Latitud	Longitud	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	Altitud (m)	Pendiente (%)	eIRI	cIRI
-179,220,304,496,645	-701,716,745,489,706	3020	53,06	1056,98	-2,87	2,61	4
-179,223,428,487,109	-701,718,342,287,835	3040	52,77	1056,26	-3,56	2,85	3,62
-179,224,176,594,147	-701,718,655,163,319	3060	52,22	1055,74	-2,6	2,88	3,74
-179,224,890,849,687	-701,718,930,432,297	3080	50,7	1054,95	-3,96	3,93	3,79
-179,227,695,771,125	-701,720,240,389,166	3100	48,39	1054,01	-4,7	8,68	4,44
-179,230,330,492,719	-701,721,714,386,177	3120	47,88	1053,43	-2,92	6,73	5,99
-17,923,086,140,058	-701,722,060,915,764	3140	48,44	1053,08	-1,77	2,05	4,38
-179,231,442,658,965	-701,722,458,701,557	3160	50,43	1052,43	-3,24	1,89	2,5
-179,234,082,523,077	-701,724,705,435,898	3180	51,71	1051,86	-2,83	4,35	1,97
-179,234,705,917,628	-701,725,230,484,317	3200	51,98	1051,5	-1,82	3,35	3,63
-179,237,412,212,535	-701,727,494,806,696	3220	52,77	1051,12	-1,88	2,35	3,42
-179,238,102,193,022	-701,728,101,555,365	3240	53,31	1050,86	-1,32	2,8	2,39
-179,238,796,295,762	-701,728,717,856,409	3260	53,67	1050,28	-2,88	2,15	3,24
-179,241,538,918,566	-701,731,213,796,704	3280	54,03	1049,55	-3,63	2,46	3,23
-179,242,248,556,607	-701,731,869,436,868	3300	54,59	1049,03	-2,62	3,03	2,79
-17,924,297,444,573	-701,732,539,488,367	3320	55,24	1048,49	-2,72	2,47	3,5
-179,243,716,424,997	-701,733,224,181,365	3340	55,66	1047,65	-4,16	2,14	3,7
-179,246,604,033,146	-701,735,806,398,606	3360	55,56	1046,84	-4,04	2,16	2,69
-179,247,368,764,997	-701,736,449,702,887	3380	55,42	1046,33	-2,57	2,46	3,18
-17,924,812,734,439	-701,737,093,311,591	3400	55,38	1045,55	-3,88	2,38	3,91
-179,250,990,654,407	-701,739,613,020,806	3420	55,02	1044,78	-3,84	3,25	4,38
-179,252,348,892,794	-701,740,843,692,442	3460	53,46	1043,53	-3,71	6,08	4,19
-179,254,999,622,849	-701,743,174,345,291	3480	52,81	1042,78	-3,74	2,58	3,97
-179,255,643,485,722	-701,743,736,274,406	3500	53,06	1042,26	-2,62	2,02	3,65
-179,256,309,628,756	-701,744,330,056,753	3520	54,14	1041,48	-3,88	2,9	3,29
-179,259,165,925,398	-701,746,845,990,026	3540	55,85	1040,7	-3,92	2,1	3,21
-179,259,976,724,113	-701,747,548,788,422	3560	56,91	1040,19	-2,55	3,05	3,36
-179,260,804,821,789	-701,748,264,981,007	3580	57,3	1039,72	-2,37	2,96	3,51
-179,261,629,682,999	-701,748,978,126,803	3600	57,3	1039,01	-3,51	2,07	3,7
-179,264,830,057,992	-701,751,385,775,257	3620	57,17	1038,28	-3,64	2,11	3,6
-179,265,727,705,323	-701,751,952,341,021	3640	56,93	1037,78	-2,52	1,79	3,41
-17,926,655,748,455	-701,752,475,316,011	3660	54,41	1037,05	-3,63	4,24	2,97
-17,926,922,842,848	-701,754,363,066,695	3680	50,16	1036,25	-4,02	5,53	4,22
-179,269,606,296,923	-701,754,696,296,923	3700	46,8	1035,09	-5,78	2,28	4,61

Nota. Aplicativo Roadroid

Figura 52

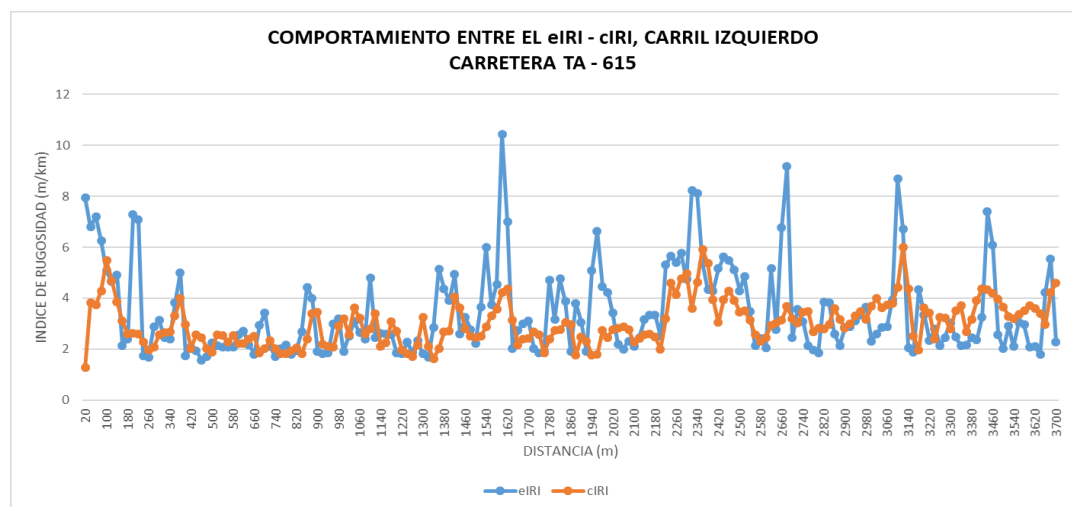
Comportamiento eIRI – cIRI, evaluado cada 20 m. Carril Derecho



Nota. Elaboración propia

Figura 53

Comportamiento eIRI – cIRI, evaluado cada 20 m. Carril Izquierdo



Nota. Elaboración propia

En los gráficos mostrados deducimos que los valores del cIRI tiene variaciones importantes, cuando las curvas verticales se presentan, la variación es mayor, pero son similares unas entre otras, aunque ese efecto se puede reducir incrementando la velocidad de muestreo, en el caso de la investigación los datos obtenidos fueron utilizando velocidades en el rango de 40 – 50 km/h, en este intervalo los valores de eIRI y cIRI obtenidos del aplicativo ROADROID no son similares. Por esta consideración utilizamos los valores del eIRI para efectos de comparación con los valores obtenidos del rugosímetro de MERLIN.

4.2.2. Imagen importada del aplicativo ROADROID

Figura 54

Evaluación cada 20 m. aplicativo ROADROID – carril derecho



Nota: Aplicativo ROADROID

Figura 55

Evaluación cada 20 m. aplicativo ROADROID – carril izquierda



Nota: Aplicativo ROADROID

CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1. Análisis de los Resultados de la Rugosidad Obtenidos con el Merlín

La evaluación realizada con el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA – 615, obtuvo los siguientes resultados: Carril derecho, IRI promedio igual a 3.63 m/km, carril izquierdo, IRI promedio igual a 3.41 m/km, los valores determinados en los ensayos realizados nos permiten obtener un IRI promedio de los carriles derecho e izquierdo, igual a 3.52 m/km; cuyo resultado nos permitirá calificar el estado del pavimento en toda la longitud de la carretera TA-615, estado del pavimento REGULAR, y con el resultado del IRI promedio podemos calcular la transitabilidad utilizando la fórmula de Williams Paterson, obteniendo un valor de 2.64, y con ello podemos calificar la transitabilidad: TRANSITABILIDAD REGULAR.

Tabla 40

Cuadro resumen de la rugosidad obtenida con el MERLIN

Carril Derecho			Carril Izquierdo		
Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento	Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento
0+000 al 0+400	3.44	Regular	0+000 al 0+400	3.51	Regular
0+400 al 0+800	3.40	Regular	0+400 al 0+800	3.97	Regular
0+800 al 1+200	3.14	Regular	0+800 al 1+200	3.56	Regular
1+200 al 1+600	4.77	Malo	1+200 al 1+600	4.28	Regular
1+600 al 2+000	3.53	Regular	1+600 al 2+000	2.83	Regular
2+000 al 2+400	3.56	Regular	2+000 al 2+400	2.98	Regular
2+400 al 2+800	2.94	Regular	2+400 al 2+800	3.30	Regular
2+800 al 3+200	3.71	Regular	2+800 al 3+200	3.10	Regular
3+200 al 3+600	4.20	Regular	3+200 al 3+600	3.18	Regular
IRI Promedio	3.63	Regular	IRI Promedio	3.41	Regular

Nota. Elaboración propia

IRI Promedio: 3.52 m/km

Estado del pavimento: REGULAR

Tabla 41

Calificación del estado del pavimento

PAIS	ESTADO DEL PAVIMENTO		
	Buena	Regular	Malo
EE.UU	< 2.4	2.4 – 4.7	> 4.7
Chile	0 – 3.0	3.0 – 3.6	> 4.0
Honduras	< 3.5	3.5 – 6.0	> 6.0
Uruguay	< 3.9	4.0 – 6.0	> 4.6
Perú	< 2.5	2.5 – 4.5	> 4.5

Nota. (Alvarenga, 2002)

Calculo de la transitabilidad en función al IRI

La transitabilidad de la carretera TA-615, es decir la calidad de servicio que brinda en el momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores del PSI, calculados en función del IRI y de acuerdo a los rangos de 0 – 5.

Tabla 42

Transitabilidad de la vía TA - 615

IRI	Conversión a PSI en función del IRI	Clasificación del PSI
3.52 m/km	2.64	Transitabilidad regular

Nota. Elaboración propia

Tabla 43

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)

5.2. Análisis de los Resultados de la Rugosidad Obtenidos con el Aplicativo ROADROID.

El ensayo realizado con el aplicativo ROADROID en la carretera TA-615, al analizar se determinó que es un método innovador y fácil de operar a costos mínimos y tiempos mínimos. Obteniendo resultados sorprendentes frente a los métodos tradicionales, como el rugosímetro de MERLIN.

Para el análisis con el aplicativo ROADROID, se utilizó los Smartphone de gama alta, por lo que usamos en el presente estudio Samsung Galaxy S7, obteniendo resultados del eIRI en el carril derecho igual a 3.73 m/km, para el carril izquierdo igual a 3.44 m/km, por lo que, para efectos de comparación con el método tradicional obtenemos el valor de eIRI promedio igual a 3.59 m/km.

Tabla 44*Promedio de valor eIRI carril derecho*

Carril	eIRI	cIRI
Derecho	3.73 m/km	3.14 m/km
eIRI final	3.73 m/km	

Nota. Elaboración propia

Tabla 45*Promedio de valor eIRI carril izquierdo*

Carril	eIRI	cIRI
Izquierdo	3.44 m/km	3.02 m/km
eIRI final	3.44 m/km	

Nota. Elaboración propia

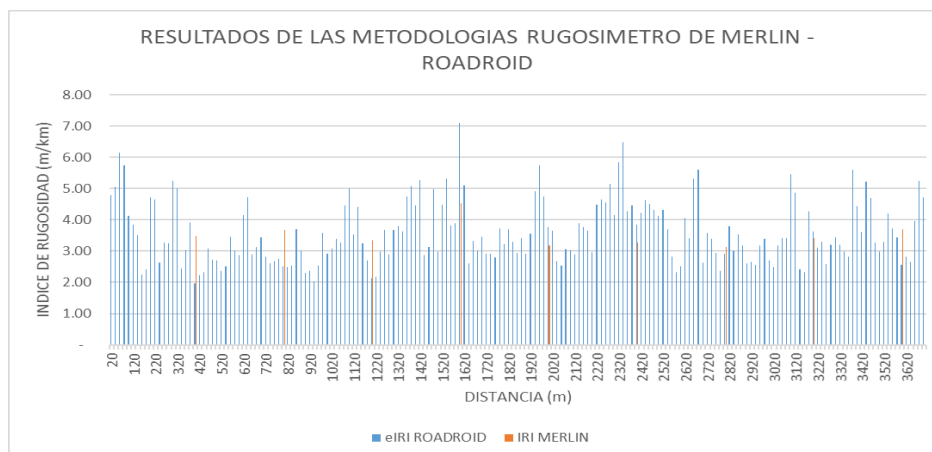
El valor determinado del eIRI ponderado utilizando el aplicativo ROADROID para la carretera TA – 615, es igual **3.59 m/km**

5.3. Comparación de la Rugosidad Obtenidos con el Merlín y el Aplicativo ROADROID.

Una vez obtenidos los valores de IRI utilizando las metodologías presentes en la investigación, podemos realizar un análisis comparativo entre el método tradicional, el rugosímetro de MERLIN y el método Innovador ROADROID que utiliza el Smartphone Samsung Galaxy S7.

Figura 56

Comparativo de resultados IRI, MERLIN y ROADROID



Nota: Elaboración propia

Tabla 46

Resultados IRI del Rugosimetro Merlín

Nº	Carril	Distancia Evaluada cada (m)	IRI (m/km) Merlín
1	Derecho	400	3.63
2	Izquierdo	400	3.41
Promedio			3.52 m/km

Nota. Elaboración propia

Tabla 47

Resultados IRI del Roadroid

Nº	Carril	Distancia evaluada cada (m)	IRI (m/km) ROADROID
3	Derecho	20	3.73
4	Izquierdo	20	3.44
Promedio			3.59 m/km

Nota. Elaboración propia

Tabla 48*Comparativo de resultados IRI ambas metodologías*

Nº	CARRIL	IRI (m/km)	
		MERLIN	ROADROID
1	Derecho	3.63	3.63
2	Izquierdo	3.41	3.44
Promedio		3.52 m/km	3.59 m/km

Nota. Elaboración propia

En la tabla comparativa presentada con resultados obtenidos de ambas metodologías se demuestra que el aplicativo ROADROID proporciona resultados similares al del rugosímetro de MERLIN, se puede indicar que los ensayos obtenidos con el aplicativo ROADROID son confiables, la evaluación se realiza con costos muy bajísimos y en tiempos cortos.

CONCLUSIONES

1. Se ha determinado la rugosidad del pavimento flexible de la carretera TA-615, tramo: Puente el Peligro – Emp. PE-40, donde presentan desgastes, imperfecciones e irregularidades, aplicando las metodologías del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID. Obteniéndose valores del IRI ponderado del carril derecho igual a 3.63 m/km y el carril izquierdo igual a 3.41 m/km, utilizando el rugosímetro de MERLIN. Los valores obtenidos con el aplicativo ROADROID en el carril derecho es igual a 3.73 m/km y en el carril izquierdo igual a 3.44 m/km, finalmente para calificar el estado del pavimento y la transitabilidad se calcula el IRI ponderado para la carretera TA-615, obteniendo un valor de 3.52 m/km para rugosímetro de MERLIN y 3.59 m/km aplicativo ROADROID.
2. Se determinó que el aplicativo ROADROID obtiene valores de cIRI más parecido al eIRI si la velocidad aumenta, es decir que a velocidades mayores a 60 km/h los valores de eIRI y el cIRI, se asemejan más, también se puede notar que cuando la vía está muy deteriorada los valores de eIRI y el cIRI difieren mucho, en el caso de nuestra investigación se obtuvieron valores de eIRI de 3.73 m/km y valor de 3.14 m/km que corresponde al cIRI, obtenidos en el carril derecho, y los valores obtenidos para el carril izquierdo se determinaron valores para eIRI igual a 3.44 m/km y cIRI 3.02 m/km.
3. Se determinó los índices de rugosidad mediante el rugosímetro de MERLIN, en la carretera TA-615, a lo largo de 3.78 km, desde Puente El Peligro hasta el Emp. PE-40, obteniendo valores en el carril derecho iguala 3.63 m/km y 3.41 m/km en el carril izquierdo, finalmente un IRI ponderado igual a 3.52 m/km, el cual representa un índice de serviciabilidad (PSI) igual a 2.64 indicando un estado REGULAR del pavimento en condiciones generales de toda la carretera,
4. Al momento de comparar los resultados del IRI entre las dos metodologías, se demuestra que el aplicativo ROADROID obtiene valores similares a los obtenidos por el rugosímetro de MERLIN, considerando el rendimiento en horas hombre y costo, los cuales son mucho más menores a los que utilizan el rugosímetro de MERLIN. Comparando los valores obtenidos de ambas metodologías IRI = 3.52 m/km y eIRI = 3.59 m/km, los cuales son similares.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al ministerio de transportes y comunicaciones, a PROVIAS nacional, PROVIAS descentralizado, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, el empleo del aplicativo ROADROID en teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad superficial en sus carreteras para conocer el estado del pavimento y programar mantenimiento necesario. Para obtener los datos con el aplicativo no requiere personal calificado.
2. Se recomienda a las concesionarias a cargo de los mantenimientos viales, el uso de los valores obtenidos con el aplicativo ROADROID utilizando teléfonos inteligentes para determinar evaluaciones de mantenimiento, siendo una metodología confiable de bajo costo y útil en vías de gran extensión.
3. Se recomienda a los estudiantes de ingeniería que para obtener datos con mayor precisión y confiables durante la ejecución del ensayo del Rugosímetro de merlín el proceso de medición deberá de ser continuo y deberá estar correctamente calibrado.
4. Se recomienda a las futuros tesisistas que, para poder hacer una comparación de datos entre ambas metodologías, el Rugosímetro de merlín deberá estar correctamente calibrado, ya que estos datos nos servirán como punto de comparación ante el aplicativo de teléfonos inteligentes Roadroid, a su vez se recomienda que para el uso de este mismo se deberá de conducir en la vía estudiada a una velocidad constante de 60 km/h.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almenara, 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.
- ASTM, E.-0. (2012). *Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems*.
- Camacho, S. (2018). *Evaluación y análisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el rugosímetro de MERLIN*. Juliaca - Puno: Universidad Andina Nestor Cáceres Velasquez.
- Caro, F.; Peña, G. (2012). Análisis y criterios para el cálculo del índice de rugosidad internacional (IRI) en vias urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. *Inteknia*, 57-72.
- Del Aguila, P. (1999). *Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad*. Merliner.
- Forslôf, L. (2013). *Roadroid - Continuous Road Condition Monitoring with Smartphone*. Ljusdal, Sweden.
- Forslôf, L.; Jones, H. (2015). Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones. *Journal of Civil Emgineering and Arquitecture* 9, 485-496, doi: 10.17265/1934-7359/2015.04.012 .
- Laura, D. (2016). *Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco - Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Lloclla, A., Sánchez, K. (2019). *Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de MERLIN*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Medina, R.; Farro, D. (2018). *Evaluación superficial y de rugosidad del pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, tramo. Óvalo Transportes - Óvalo Cuzco, distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna-2017*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Pari, P. (2010). *Estudio de la rugosidad en pavimentos asfálticos de la ciudad de Puno*. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

- Pomasonco de la Cadena, R. (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.
- Ramirez, B. (2017). *Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey - Casma de la carretera Panamericana Norte*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Roadroid. (2014). *Roadroid - continuous road condition monitoring with smartphones. A multi-disciplinary approach to improve capacity & safety for road transport in Africa*. South Africa: Pretoria.
- Roadroid. (2020). *Roadroid, Road Surveys using smartphones, Essential for professionals. Essential Guide Pro2*. Suecia: Essential Guide Pro2.
- Sachún, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sayers, Michel; Karamihas, Steven. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Washington, USA.
- Sologorre, J. (2005). *Evaluación de la rugosidad de Pavimentos con uso del BUMP Integrator*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

ANEXOS

Anexo 1: Formato Merlín: Hoja de registro de campo

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

PROYECTO: APLICACIÓN DE TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA TA-615, TRAMO: PUENTE EL PELIGRO – Emp. PE-40, TACNA - 2020

SECTOR: 0+3200 al 0+3600 **Nº DE ENSAYO:** 9

CARRIL: IZQUIERDO **FECHA:** 26/11/2020

	LECTURAS EN CAMPO - MERLÍN									
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

TIPO DE PAVIMENTO:

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

Anexo 3: Matriz de consistencia

TÍTULO: “APLICACIÓN DE TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN PARA LA DETERMINACION DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA TA-615, TRAMO: PUENTE EL PELIGRO – Emp. PE-40, TACNA - 2020”

TESISTAS: BACH. GONZALO GERMAIN ZEBALLOS ZEGARRA; BACH. CARLOS ALBERTO VIZCARRA AROCUTIPA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿De qué manera la aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN permitirá la determinación de la rugosidad en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. TA-40, Tacna - 2020?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la rugosidad del pavimento flexible mediante la aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. TA-40, Tacna – 2020.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La determinación de la rugosidad mediante la aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. TA-40, Tacna – 2020 muestran resultados confiables.</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X1. Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN.</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID. ▪ Índice ROADROID (IR) ▪ IRI estimado. ▪ IRI calculado ▪ Rugosímetro de MERLIN. ▪ Calculo del rango D ▪ Correlación D versus IRI 	<p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada <p>Nivel de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptiva, exploratoria <p>Ámbito de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. TA-40, Tacna <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Pachia, Tacna
<p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID en la carretera TA-615?</p> <p>b) ¿Cuál es el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615?</p> <p>c) ¿Existe similitud entre los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID y rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615?</p>	<p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID en la carretera TA-615.</p> <p>b) Calcular el valor de la rugosidad obtenido con el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615.</p> <p>c) Comparar los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615.</p>	<p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) El cálculo del valor obtenido de la rugosidad con el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID en la carretera, son válidos.</p> <p>b) El cálculo del valor obtenido de la rugosidad con el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, son válidos.</p> <p>c) La comparación de los valores determinados mediante el aplicativo para teléfonos inteligentes ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, son similares.</p>	<p>Variable Dependiente(Y)</p> <p>Y1. Determinación de la rugosidad 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 ▪ Índice de transitabilidad en función del IRI 	<p>Técnicas de Recolección de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación. - Formato de campo - Reporte del rugosímetro de MERLIN - Reporte del aplicativo ROADROID <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Odómetro manual - Conos de seguridad - Ficha o formulario de observación para aforos - Guías de observación y formatos de campo - Método del Rugosímetro de MERLIN. - Smartphone. - Aplicativo ROADROID. - Hoja electrónica Excel.