



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Determinación del índice de rugosidad del pavimento, aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la panamericana sur, Ica.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

OYOLO JIMENEZ, Fanny Susan (ORCID: [0000-0002-1293-5677](https://orcid.org/0000-0002-1293-5677))

ASESOR:

Mg. CLEMENTE CONDORI, Luis Jimmy (ORCID: [0000-0002-0250-4363](https://orcid.org/0000-0002-0250-4363))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi madre, Saida Jimenez Manya quien a pesar de todas las dificultades que pasamos siempre estuvo ahí para mí mostrándome el camino correcto y forjándome como una persona de bien. También a mi familia por haberme brindado su apoyo y confianza incondicional en todo este largo camino.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme hoy estar aquí con bien, a mis padres Saida Jimenez Manyá y Felipe Oyolo Atocsa, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que estoy. El proceso no ha sido sencillo. Pero gracias a sus consejos y soporte, he logrado importantes objetivos, cómo completar con éxito el desarrollo de mi tesis.

De igual manera agradecer a mis amigos más cercanos quienes me brindaron su ayuda incondicional hasta donde les fue posible y más. Solo me queda decirles.

Muchas gracias a todos.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figura	vii
Índice de gráficos	ix
Índice de abreviaturas	x
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	8
III. METODOLOGÍA	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Variable y Operacionalización	25
3.3. Población, muestra y muestreo	27
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	30
3.5. Procedimientos	32
3.6. Método de análisis de datos	32
3.7. Aspecto ético	32
IV. RESULTADOS	47
V. DISCUSIÓN	72
VI. CONCLUSIONES	75
VII. RECOMENDACIONES	76
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	77
ANEXOS	94

Índice de tablas

Tabla 1. Valores de Roadroid para determinar las condiciones del pavimento.	18
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	26
Tabla 3. Tramos a evaluar en la panamericana sur.	28
Tabla 4. Rangos de confiabilidad	31
Tabla 5. Escala de Likert.....	31
Tabla 6. Valores del Roadroid para determinar la condición del camino.	48
Tabla 7. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – T1 de la Panam.Sur (Ica).48	
Tabla 8. Resultado de los datos recolectados del T1 Panam. Sur, Ica.....	49
Tabla 9. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid –T2 de la Panam.Sur (Ica). 50	
Tabla 10. Resultado de los datos recolectados del T2 de la Panam. Sur, Ica.	51
Tabla 11. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – T3 Panam.Sur (Ica).	52
Tabla 12. Resultado de los datos recolectados del T3 de la Panam. Sur, Ica.	53
Tabla 13. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – T4 Panam. Sur (Ica)	54
Tabla 14. Resultado de los datos recolectados del T4 de la Panam. Sur, Ica.	56
Tabla 15. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – T5 Panam. Sur (Ica).	57
Tabla 16. Resultado de los datos recolectados del T5 de la Panam. Sur, Ica.	60
Tabla 17. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – T6 Panam. Sur (Ica). ...	61
Tabla 18. Resultado de los datos recolectados del T6 de la Panam. Sur, Ica.	63
Tabla 19. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – T7 Panam. Sur (Ica). ...	64
Tabla 20. Resultado de los datos recolectados del T7 de la Panam. Sur, Ica.	66
Tabla 21. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – T8 Panam. Sur (Ica).	67
Tabla 22. Resultado de los datos recolectados del T8 de la Panam. Sur, Ica.	69
Tabla 23. Promedio del eIRI y cIRI de todos los tramos evaluados, Panam.Sur,Ica	70
Tabla 24. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T1.....	88
Tabla 25. Resultado de los datos recolectados del T1 de la Panam. Sur, Ica.	90

Tabla 26. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T2..... 91

Tabla 27. Resultado de los datos recolectados del tramo 2 de la Panam. Sur, Ica. . 94

Tabla 28. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T3..... 95

Tabla 29. Resultado de los datos recolectados del tramo 3 de la Panam. Sur, Ica. . 97

Tabla 30. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T4..... 98

Tabla 31. Resultado de los datos recolectados del tramo 4 de la Panam. Sur, Ica. 102

Tabla 32. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T5..... 103

Tabla 33. Resultado de los datos recolectados del tramo 5 de la Panam. Sur, Ica. 107

Tabla 34. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T6..... 108

Tabla 35. Resultado de los datos recolectados del tramo 6 de la Panam. Sur, Ica. 111

Tabla 36. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T7..... 112

Tabla 37. Resultado de los datos recolectados del tramo 7 de la Panam. Sur, Ica. 115

Tabla 38. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T8..... 116

Tabla 39. Resultado de los datos recolectados del tramo 7 de la Panam. Sur, Ica. 119

Índice de figuras

Figura 1. Estado actual del pavimento - Panamericana Sur – Ica.	3
Figura 2. Parches y desgaste de la carpeta alftica - Panamericana Sur, Ica.	4
Figura 3. Mapa de la ciudad de Ica..	7
Figura 4. Representación funcional del modelo de cuarto de carro.	15
Figura 5. Escala de rugosidad para medir diversas vías.....	17
Figura 6. Correlación del IRI determinado.	19
Figura 7. Clases de medición del IRI.....	20
Figura 8. Comparación de perfiles de Roadroid con otra herramienta.	21
Figura 9. Tipos de textura y rugosidad del pavimento.	24
Figura 10. Mapa parcial de la panamericana sur – Ica.....	27
Figura 11. Congestión vehicular – Panamericana Sur Ica.	29
Figura 12. Carretera Panamericana Sur, Ica.	29
Figura 13. Vehículo utilizado en la toma de datos.....	32
Figura 14. Smartphone y sujetador utilizado en el ensayo.	33
Figura 15. Aplicación Roadroid versión 3.0.4.	33
Figura 16. Teléfono móvil con sujetador instalado en el parabrisas.	35
Figura 17. Activación del GPS, WI-FI o Datos móviles.	35
Figura 18. Configuración de Data, media & locale de la App.	36
Figura 19. Configuración de Data, media & locale de la App.	37
Figura 20. Configuración de la Device & Vehicle de la App según el estudio.....	38
Figura 21. Calibración del Smartphone.....	38
Figura 22. Inicio del diagnóstico en la Panamericana Sur Ica.	39
Figura 23. Subir datos de la App al sistema Roadroid.	40
Figura 24. Datos obtenidos del diagnóstico en el mapa virtual..	40
Figura 25. Visualización del sector a evaluar en el mapa virtual.	41
Figura 26. Descarga de datos obtenidos del sistema Roadroid	42
Figura 27. Detalles de importación de datos.....	42
Figura 28. Datos obtenidos en campo.	43
Figura 29. Gráficos de datos en Excel.	44
Figura 30. Mapa de tramos seleccionados para el recorrido en la Panam. Sur, Ica..47	
Figura 31. eIRI y cIRI del tramo 1 de la Panamericana Sur, Ica.....	49
Figura 32. eIRI y cIRI del tramo 2 de la Panamericana Sur, Ica.....	51
Figura 33. eIRI y cIRI del tramo 3 de la Panamericana Sur, Ica.....	53
Figura 34. eIRI y cIRI del tramo 4 de la Panamericana Sur, Ica.....	56

Figura 35. eIRI y cIRI del tramo 5 de la Panamericana Sur, Ica.....	59
Figura 36. eIRI y cIRI del tramo 6 de la Panamericana Sur, Ica.....	62
Figura 37. eIRI y cIRI del tramo 7 de la Panamericana Sur, Ica.....	65
Figura 38. eIRI y cIRI del tramo 8 de la Panamericana Sur, Ica.....	68
Figura 39. Relación del eIRI y cIRI de todos los tramos evaluados Panam Sur, Ica.	71
Figura 40. eIRI y cIRI del tramo 1 de la Panamericana Sur, Ica.....	89
Figura 41. eIRI y cIRI del tramo 2 de la Panamericana Sur, Ica.....	93
Figura 42. eIRI y cIRI del tramo 3 de la Panamericana Sur, Ica.....	96
Figura 43. eIRI y cIRI del tramo 4 de la Panamericana Sur, Ica.....	101
Figura 44. eIRI y cIRI del tramo 5 de la Panamericana Sur, Ica.....	106
Figura 45. eIRI y cIRI del tramo 6 de la Panamericana Sur, Ica.....	110
Figura 46. eIRI y cIRI del tramo 7 de la Panamericana Sur, Ica.....	114
Figura 47. eIRI y cIRI del tramo 8 de la Panamericana Sur, Ica.....	118
Figura 48. Realización de la toma de datos mediante el aplicativo Roadroid.....	120
Figura 49. Instalación de sujetador en parabrisas del vehículo.....	121
Figura 50. Proceso de calibración del Smartphone.....	122
Figura 51. Smartphone calibrado en las coordenadas X,Y,Z.	123
Figura 52. Inicio de recolección de datos mediante el aplicativo Roadroid.	124
Figura 53. Asistente en la toma de datos (manejo del vehículo).....	125

Índice de gráficos

Gráfico 1.	Condición del pavimento T1 en porcentajes.....	90
Gráfico 2.	Condición del pavimento T2 en porcentajes.....	94
Gráfico 3.	Condición del pavimento T3 en porcentajes.....	97
Gráfico 4.	Condición del pavimento T4 en porcentajes.....	102
Gráfico 5.	Condición del pavimento T5 en porcentajes.....	107
Gráfico 6.	Condición del pavimento T6 en porcentajes.....	111
Gráfico 7.	Condición del pavimento T7 en porcentajes.....	115
Gráfico 8.	Condición del pavimento T8 en porcentajes.....	119

Índice de abreviaturas

cIRI: IRI calculado, 28

eIRI: IRI estimado, 28

GPS: Sistema de posicionamiento global, 18

IMEI: Identidad Internacional de Equipo Movil, 43

IR: Índice Roadroid, 28

IRI: índice de rugosidad Internacional, 15

KML: Keyhole Markup Language, 53

PCI: Índice de Condición del Pavimento, 19

PSI: índice de servicio actual, 23

SENCICO: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 32

SGP: Sistema de Gestión de Pavimentos, 22

SPSS: Programa estadístico para ciencias sociales, 19

TBS: Tratamiento de Superficie Bicapa, 12

Resumen

La presente tesis, tuvo como objetivo principal determinar el índice de rugosidad del pavimento aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la panamericana sur, Ica. Esta investigación nos permite diagnosticar de manera eficaz y sencilla el índice de rugosidad del pavimento, a través del innovador software Roadroid, el cual cuenta con herramientas que permiten generar informes y realizar un seguimiento de rugosidad precisa y efectiva. Es una aplicación para medir la rugosidad mediante un Smartphone, este nos da una alternativa con grandes beneficios técnicos y económicos, comparado con otros métodos usados hoy en día en carreteras en la medición del IRI (Índice de Rugosidad Internacional). El enfoque de investigación es cuantitativo. El diseño de esta investigación es No experimental, Descriptiva – Transversal de nivel descriptivo con propuesta, donde para la recolección e interpretación de datos se utilizaron los instrumentos del Sistema Roadroid. La población comprende tramos de la carretera Panamericana Sur, Ica, con 2 carriles de sur a norte y norte a sur. Para la muestra de estudio, se tomó 8 tramos de la vía panamericana sur, Ica, con una longitud total de 28.60 km. De los cuales se obtuvo como resultado que los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur, Ica, no cumplen con el parámetro de 2.5 m/km establecido por la Norma Técnica Peruana CE. 010. Así mismo se concluye, que los 8 tramos de la de la carretera Panamericana Sur (Ica) requieren de mantenimiento continuo, y, así, puedan cumplir satisfactoriamente con los controles de calidad.

.

Palabras clave: Roadroid, IRI, Rugosidad, Diagnosticar

Abstract

The main objective of this thesis was to determine the pavement roughness index by applying the Roadroid method using Smartphone, in sections of the South Pan-American Highway, Ica. This research allows us to efficiently and easily diagnose the pavement roughness index, through the innovative Roadroid software, which has tools that allow accurate and effective roughness monitoring and reporting. It is an application to measure roughness using a Smartphone, this gives us an alternative with great technical and economic benefits, compared to other methods used today on roads in measuring the IRI (International Roughness Index). The research approach is quantitative. The design of this research is Non-experimental, Descriptive - Cross-sectional at a descriptive level with a proposal, where the instruments of the Roadroid System were used for the collection and interpretation of data. The population includes sections of the Panamericana Sur highway, Ica, with 2 lanes from south to north and north to south. For the study sample, 8 sections of the southern Pan-American highway, Ica, with a total length of 28.60 km were taken. From which it was obtained as a result that the 8 sections of the Panamericana Sur highway, Ica, do not comply with the parameter of 2.5 m / km established by the Peruvian Technical Standard CE. 010. Likewise, it is concluded that the 8 sections of the Panamericana Sur highway (Ica) require continuous maintenance, and, thus, can satisfactorily comply with quality controls.

Keywords: Roadroid, IRI, Roughness, Diagnose

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una preocupación mundial por las carreteras y autopistas, ya que sufren un deterioro paulatino de sus condiciones a lo largo del tiempo; lo que genera costes de mantenimiento y dificultades de tráfico para los conductores. Este problema es latente en las carreteras del Perú. De ahí la necesidad de realizar valoraciones de la uniformidad superficial de los pavimentos en general utilizando las tecnologías digitales.

En India, una investigación manifiesta que, la rugosidad del pavimento es un fenómeno que experimentan los conductores de vehículos y los pasajeros. Se deteriora continuamente bajo las acciones combinadas del tráfico y el medio ambiente. Los indicadores más comunes del desempeño del pavimento son: grietas por fatiga, surcos en la superficie, calidad de desplazamiento y resistencia al deslizamiento. En su estudio, identifica los principales problemas de los tramos de carretera seleccionados. Ya tenía once conjuntos de datos de estudios anteriores, agregando otro conjunto. Los datos se analizaron para evaluar la progresión de la fisura, el crecimiento de la deflexión, la progresión del agujero y el índice de rugosidad. (Mohammed, 2016)

El dispositivo registró la medición del índice de rugosidad en un intervalo de tiempo de un segundo, en contraposición a la distancia. Presentó datos brutos que informan una amplia variación en el registro a lo largo del camino. Estos datos de bajo nivel excedieron los detalles necesarios de los datos IQL-3/4 y, por lo tanto, los resultados brutos y sin filtrar para cada dirección se calcularon manualmente a lo largo de un kilómetro de longitud. Señalo que el IRI promedio a lo largo de la autopista es similar a pesar de la conducción pesada. Comparó los resultados obtenidos con la irregularidad de la carretera principal fuera del área de la ciudad y la irregularidad dentro de la ciudad. Luego, desarrolló modelos de regresión utilizando el programa SPSS para la validación. (Mohammed, 2016)

En Guatemala, según un estudio realizado nos dice, la red vial nacional, especialmente la carretera asfaltada, se ha deteriorado sorprendentemente significativa en los últimos años, también debido a fenómenos hidrometeorológicos repetitivos y políticas inadecuadas en el mantenimiento vial de carreteras, mayor tráfico, mayor parque, acciones vehiculares y antropogénicas.

Las pistas flexibles pueden dañar el perfil como surcos, grietas, baches y otros. También hay deficiencias en aspectos de diseño como la construcción y juntas longitudinales en conexión con estructuras de drenaje y puentes. (Román, 2020)

En Brasil, una investigación revela que, existen tecnologías para medir las irregularidades longitudinales de los pavimentos, con las que es posible evitar daños en la calidad de rodadura y reducir la vida útil del pavimento. En ese sentido, el investigador propone el desarrollo de una aplicación para Smartphone (SmartIRI), para estimar el Índice Internacional de Irregularidad (IRI), parámetro que representa la irregularidad longitudinal de pavimentos flexibles. (Almeida, 2018)

A nivel nacional, en la región San Martín, un estudio dice que, existen varios tratamientos superficiales, uno de los cuales es el tratamiento superficial bicapa (TSB) y el otro es Slurry Seal, tratamientos que se han utilizado en vías de bajo volumen en la región de San Martín - Perú. En ese sentido, se pregunta por qué las entidades encargadas de la construcción de estos, así como el mantenimiento ordinario y periódico, utilizan diferentes tipos de tratamientos superficiales, siendo esta región el clima no tan variable. (Condezo, 2021).

En Cusco, una investigación muestra que, en el circuito de Sacsayhuaman, la demanda turística que tiene, hace que, los vehículos diariamente pasen y transporten personas por las carreteras que componen el circuito. El mal estado del pavimento flexible hace que un viaje por esta carretera sea una mala experiencia y la perspectiva de comodidad del usuario es pésima debido al escaso mantenimiento concedido a esta red de carreteras. (Alarcón, 2018)

También, otro estudio menciona que, existen varios factores que provocan fallas en el pavimento antes de que alcancen su vida útil, estas fallas pueden deberse a un dimensionamiento inadecuado del empaque estructural, errores de construcción, materiales mala calidad, mal sistema de drenaje, agentes climáticos, entre otros. (Aranibar & Saavedra, 2019).

En ese sentido, en la realidad problemática de la ciudad de Ica (Perú), año 2021, se puede observar específicamente que en la carretera Panamericana Sur Ica, los pavimentos muestran irregularidades como se puede visualizar en las figuras (1 y 2), lo que genera incomodidades a los conductores y pasajeros de vehículos. Situación que conlleva un incremento del coste de mantenimiento y operación vehicular en las vías.

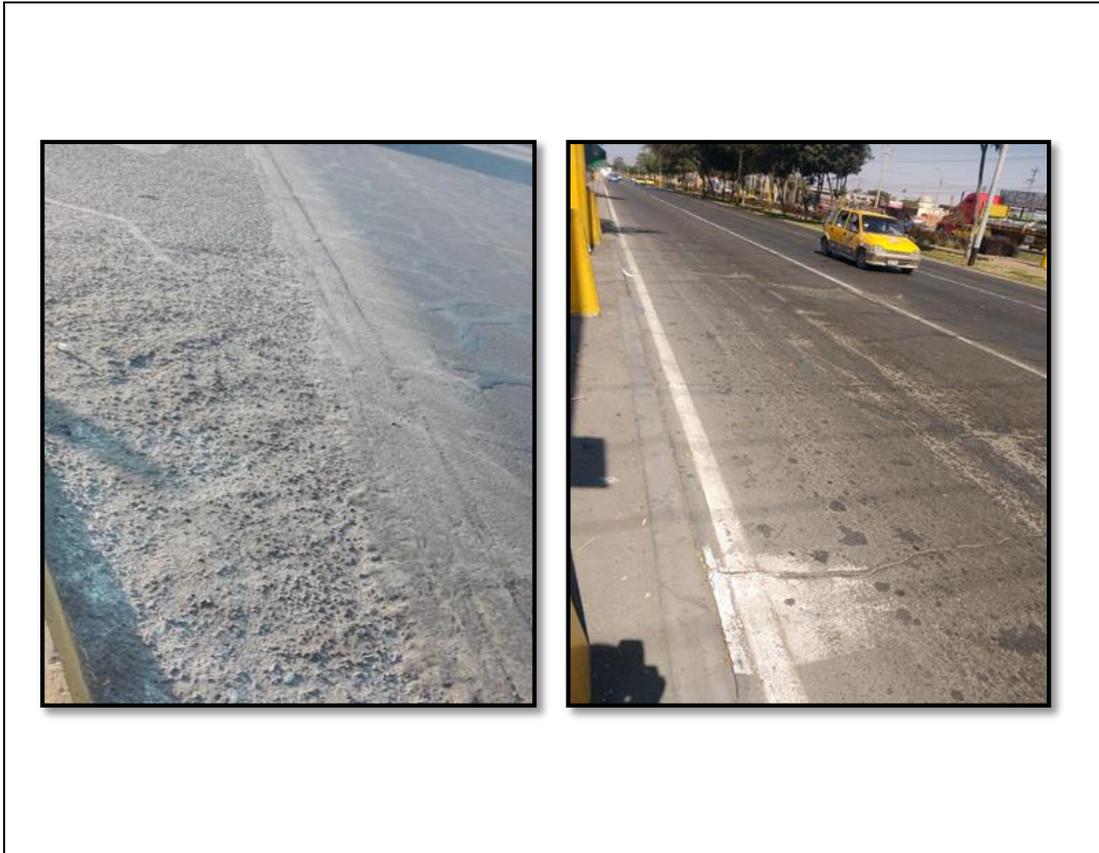


Figura 1. Estado actual del pavimento - Panamericana Sur – Ica.



Figura 2. Parches y desgaste de la carpeta alfáltica - Panamericana Sur, Ica.

Formulación del problema

Se formula el siguiente problema general: ¿Cómo determinar el índice de rugosidad del pavimento aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la Panamericana Sur, Ica?

Así mismo, se presenta los siguientes problemas específicos:

1. ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento en tramos de la carretera panamericana sur, Ica?
2. ¿Cuál es el índice Roadroid en tramos de la panamericana sur, Ica, aplicando el método Roadroid mediante un teléfono móvil?
3. ¿Cómo contrastar los parámetros calculados de la rugosidad del pavimento en tramos de la panamericana sur, Ica?

Justificación técnica

El presente trabajo de tesis en ingeniería civil tiene su justificación, desde una perspectiva técnica, puesto que nos permite diagnosticar de manera eficiente y sencilla la rugosidad del pavimento, gracias al innovador software Roadroid con herramientas que permiten monitorear y reportar de manera precisa y eficiente las condiciones de la carretera.

Justificación económica

Así también, se justifica desde una perspectiva económica, que la aplicación del sistema Roadroid es de bajo costo, en comparación con otras herramientas, beneficiando así a la administración vial de la ciudad de Ica.

Justificación ambiental

Esta investigación se sustenta desde una perspectiva ambiental. Porque, después de evaluar el IRI y mantenerlo, podemos reducir los efectos acústicos tal y como se evaluaron, el exceso de partículas de polvo provoca enfermedades que afectan a nuestra población. Cercano a un tramo intermedio de la carretera, contribuye a mejorar la calidad de vida de los residentes de la ciudad de Ica.

Justificación social

Para finalizar, desde una perspectiva social, esta investigación se justifica porque el diagnóstico del estado actual del pavimento, permitirá tomar medidas para mejorar la transitabilidad vehicular de los conductores como también peatones de la Ciudad de Ica.

Objetivos

Se plantea como Objetivo General:

Determinar el índice de rugosidad del pavimento aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la panamericana sur, Ica.

Objetivos específicos:

1. Diagnosticar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento en tramos de la carretera panamericana sur, Ica.
2. Aplicar el todo mediante un teléfono móvil, para determinar el Índice Roadroid (IR) del pavimento en tramos de la panamericana sur, Ica.
3. Contrastar los parámetros calculados de la rugosidad del pavimento en tramos de la panamericana sur Ica.

Hipótesis

Dado que, no todas las investigaciones plantean hipótesis. Como sustentan los autores, las investigaciones cuantitativas, obligatoriamente formulan hipótesis, siempre y cuando su alcance será correlacionar o explicativo, lo que implica mínimo la relación de dos variables. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

Por lo tanto, en este estudio descriptivo, dado que contempla una sola variable, no se aplica la hipótesis. Además, el objetivo general fue la guía de esta investigación descriptiva.

Delimitación espacial

La investigación se realizó en la ciudad de Ica del distrito de Ica, provincia y región de Ica, (Perú). La ciudad de Ica está ubicada en el centro-sur del Perú (región Ica), en un estrecho valle formado por el río Ica, entre Ica tablazo y la vertiente occidental de los andes. La ciudad de Ica incluye cinco áreas urbanas. Como se observa en la figura 3.

II. MARCO TEÓRICO

Trabajos previos

Antecedentes Internacionales

En Brasil, Almeida (2018) en su investigación “Aplicativo para Smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias. 2018”, trabajo de Maestría en Ingeniería del Transporte, en el Centro de Tecnología de la Universidad Federal de Ceará, Fortaleza, 2018, como objetivo se propuso el desarrollo de una aplicación para teléfonos inteligentes (SmartIRI) para estimar el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), parámetro que representa la irregularidad longitudinal de pavimentos flexibles. La metodología consiste en un estudio correlacional. La herramienta se carga en un vehículo mediante una base unida al parabrisas y se basa en el uso de sensores en los teléfonos inteligentes, como el acelerómetro y el sensor del Sistema de posicionamiento global (GPS-Global Positioning System) para obtener datos sobre la aceleración vertical, la velocidad y la ubicación. (Almeida, 2018, p.79)

Resultados. Los datos del acelerómetro y del receptor GPS fueron procesados para informar el valor del IRI georreferenciado en tiempo real. Las pruebas obtenidas, tras recorrer 165 km, demostraron que los valores de IRI calculados presentaban una correlación satisfactoria con los datos aportados por otra aplicación cuya propuesta es la medición de la irregularidad longitudinal mediante mediciones de perfilómetro láser, mediante análisis subjetivo utilizando el método de Nivel y Objetivo. Entre los posibles usos de las medidas de irregularidades longitudinales, se utilizó SmartIRI como herramienta para controlar la calidad de ejecución de parches y pavimentos rígidos, presentándose como una alternativa a los levantamientos tradicionales. Se encontró que el uso de la aplicación desarrollada puede ser una alternativa viable, especialmente en lugares donde existen pocos recursos económicos, materiales o profesionales para tal fin y, sobre todo, cuando se aplica a nivel de red. (Almeida, 2018, p.79)

En India, Mohammed (2018), en su trabajo de investigación “Medición del rendimiento del pavimento mediante una aplicación de teléfono inteligente Android”, tesis de maestría en ingeniería del transporte en Universidad de Osmania), se tiene como objetivo determinar el índice de rugosidad de los pavimentos para mejorar el

rendimiento, utilizando teléfonos inteligentes basados en tecnología Android. La metodología es descriptiva. Se midió en función del rendimiento de pavimentos rígidos y flexibles en servicio en la ciudad de Hyderabad. Los datos se analizan para evaluar la progresión de la fisuración, el crecimiento de la deflexión, la progresión de los baches y el índice de rugosidad. El dispositivo registró la medida del índice de rugosidad en un intervalo de tiempo de un segundo, a diferencia de la distancia. (Mohammed, 2018, p.49)

Resultados. Se presentan los datos brutos en los que se informa una gran variación en el índice de rugosidad internacional (IRI) a lo largo de la longitud de la carretera. Estos datos detallados de bajo nivel exceden el detalle necesario de los datos IQL-3/4 y, por lo tanto, los resultados brutos sin filtrar de cada dirección se promediaron manualmente a lo largo de un kilómetro de longitud. Se observa que el IRI promedio a lo largo de la autopista es similar a pesar de la conducción pesada. Los resultados así obtenidos se compararon con la rugosidad de la carretera principal fuera del área de la ciudad y la rugosidad dentro de la ciudad. Luego, se desarrollaron modelos de regresión utilizando el paquete SPSS (Programa estadístico para ciencias sociales) para su validación. El modelo investigado, si es implementado por las agencias de construcción, ayudará a predecir el desempeño del pavimento y ayudará a proteger un mayor deterioro de las carreteras con una planificación financiera y un presupuesto prematuros. Y, concluye, Roadroid es una herramienta económica para calcular la rugosidad de la carretera. (Mohammed, 2018, p.49)

En Ecuador, Chávez y Peñarreta (2019), en su trabajo investigativo “Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento. 2019”, se plantearon como objetivo, determinar del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en un sector de la Avenida Loja, de la ciudad de Cuenca. La metodología consistió en que el sector estudiado se dividió en 86 secciones de 50 metros cada una. El PCI califica el estado de la superficie de la carretera de acuerdo con la norma ASTM D6433. El IRI mide la rugosidad de la superficie de la carretera determinada con la aplicación Roadroid. Roadroid proporciona dos índices, uno de los cuales se centra en la textura de la superficie y el otro en la rugosidad, llamados eIRI y cIRI, respectivamente. Según los resultados del PCI, las secciones 45 y 35% se encuentran en excelente y buen estado, respectivamente, mientras que el 11 y el 9% restante se encuentran en un estado aceptable y malo. En todos los tramos clasificados en mal estado aparecen

las fallas: fisuración lineal, reparación larga y hendidura; Concluimos que estos 3 tipos de fallas son los que más afectan el estado funcional de la vía, cubriendo grandes áreas que crean importantes hendiduras en la superficie. Las mediciones del IRI mostraron que la rugosidad de la carretera está en el rango de los 4,8 m / km y lo clasifica como pavimento viejo y deteriorado. El modelo obtenido entre PCI y eIRI alcanzó una correlación de 0,79, lo que indica una alta relación lineal inversa entre ellos, lo que significa que el PCI está relacionado con la textura del pavimento rígido. (Chávez y Peñarreta, 2019)

En Guatemala, Román (2020), en su trabajo de investigación “Metodología para el cálculo del índice de Rugosidad Internacional (IRI) y su aplicación en pavimento flexibles de Guatemala”, El objetivo es calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que se aplica a los revestimientos flexibles. La metodología se refiere a un estudio descriptivo. El caso de estudio se realizó en la autopista CA - 9 Sur, un tramo de la autovía Palín Escuintla donde los resultados de la medición del IRI se encuentran dentro del rango ideal esperado. Los valores de IRI para el carril 5 indican una superficie de rodadura adecuada. El primer sub tramo es el de mayor resultado del tramo con un promedio de 2,60 m / km. La cuarta subsección es, en cambio, la que presenta los mejores resultados de IRI, con un promedio de menos de 1,73 m / km.

En conclusión, el tramo en cuestión, Palín - Escuintla, registra un rango promedio de 1.41-12,73 m / km, con lo que se determina que el estado del pavimento es bueno.

La intención es que se considere la metodología descrita en esta investigación, teniendo en cuenta el trabajo de campo relacionado con la medición de este parámetro. También se propone recomendarlos para su inclusión en la próxima revisión de las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras, Guías de Procesos de Construcción Nacional, que darán mejores resultados en cuanto a la calidad de la construcción de pavimentos flexibles. (Román, 2020, p.18)

También, en Guatemala, Hernández (2020), en su trabajo de investigación de maestría “Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos en función a su índice de condición del pavimento (PCI) y criterios de sostenibilidad en tres segmentos del tramo CA-01 Occidente de estación 018+815 a estación 124+200”, se planteó como

Objetivo, La evaluación del desempeño del tramo pavimentado CA-01-Occidente desde la estación 018+815 hasta la estación 12+200 en tres tramos del pavimento rígido representativo del desempeño del tramo principal investigado, es el resultado del análisis histórico realizado sobre el problema fue el deterioro de la red de carreteras asfaltadas en Guatemala. La metodología es un estudio descriptivo. En cuanto al índice de estado de pavimento (PCI), se vinculan los criterios de sostenibilidad (técnico, económico, ambiental y social), mejorando así la forma de evaluar el desempeño vial. Esta concatenación permite obtener una metodología que valora el daño estructural y el grado de vulnerabilidad. Finalmente, como consecuencia, se obtiene una matriz de impacto, que relaciona la evaluación numérica obtenida por el PCI y la evaluación numérica de los criterios de sostenibilidad. Los datos obtenidos a través de la matriz de impacto son determinantes para la intervención del segmento, en función del daño encontrado y la vulnerabilidad que manifiesta. (Hernández, 2020)

Antecedentes Nacionales

En Trujillo, Bocanegra (2020), en su investigación “Análisis del Índice de Rugosidad Internacional y volumen de tránsito de los pavimentos comprendidos por los anillos viales de Trujillo, 2020”, como objetivo busca analizar el índice de rugosidad internacional y el volumen de tráfico en las vías de la circunvalación de Trujillo. Para ello, se han identificado los parámetros propuestos por la normativa peruana vigente en relación con el índice de rugosidad internacional y el volumen de tráfico, según el tipo de pavimento que represente el pesaje. Luego, cuando se conocieron los parámetros regulatorios, después de un proceso de adquisición de datos por conteo mecánico y medición de IRI con un dispositivo clase 3, se realizó la comparación con la intención de hacer un diagnóstico definitivo. (Bocanegra, 2020, p.83)

Este estudio está realmente justificado en los últimos años, porque la demanda de carreteras ha aumentado significativamente, pero la oferta y la calidad de estas no cubren las necesidades de los nuevos usuarios, provocando problemas de transporte y en el peor de los casos accidentes y pérdidas humanas. De acuerdo con su Metodología, el presente estudio se describe mediante un tipo descriptivo no experimental, ya que las variables Índice de Rugosidad Internacional y Volumen de

Tráfico de Vehículos no cambiarán. Como resultado, fue posible analizar el índice de rugosidad internacional y el volumen de tráfico de vehículos para las negativas de Trujillo, lo que resultó en que las vías de la Avenida España tuvieran un IRI mayor a 7 en ambos sentidos y terminaran en depresiones de suave pendiente en la vía, y el carretera entre 2,3 mm / m / my 2,7 mm / m, y concluye que el estado reflejaría un buen grado de conservación, pero con cuidado; También se decidió que ambos anillos viales tengan un nivel de servicio calificado. (Bocanegra, 2020, p.83)

En Tarapoto, Condezo (2021), en su estudio "Análisis del comportamiento funcional y estructural de la carretera Lamas – Pamashto y Bellavista – Ledoy con tratamientos superficiales", su objetivo es comparar los dos tratamientos de superficiales, siendo uno el tratamiento superficial bicapa y el otro el tratamiento Slurry Seal; También como metodología en su investigación descriptivo-comparativa con propuesta para ver cuál tiene el mejor comportamiento funcional y estructural, además de un análisis comparativo de los costos de construcción de las dos carreteras. El investigador utiliza el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para analizar el comportamiento funcional y una deflectometría para el comportamiento estructural. Por esta razón, puede hacer la comparación en la que el Slurry Seal se desempeña mejor que el Tratamiento de Superficie Bicapa (TSB). (Condezo, 2021, p.24)

En Huancayo, Santana (2020), en su trabajo de investigación "Propuesta para la implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos para la Margen Izquierda de la Carretera Central del km 34 al km 78 basado en el IRI clase III", se propuso como Objetivo determinar la principales beneficios para la implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) en el tramo: Emp. PE-3S del km 34 al km 78, como Metodología utilizando como variable de medida el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). El SGP se basa en el método estocástico-probabilístico, que optimiza los recursos económicos que se destinarán para realizar trabajos de mantenimiento en 2 décadas. (Santana, 2020, p.38)

Según la muestra, la (superficie de contacto entre la banda de rodadura del neumático y el suelo. Es decir, la huella del vehículo es de 0,0368 km totales del tramo: Emp. PE- 3S del km 3 al km 78). Como resultado, el investigador recopiló datos en el campo utilizando el software ROOGA, para obtener resultados con el IRI. Con lo que produjo curvas de probabilidad y devaluación en tres escenarios:

1. Si no se realiza ningún trabajo de mantenimiento; 2. Cuando los trabajos de mantenimiento se realicen con todos los fondos necesarios para el mantenimiento; y 3. Si los trabajos de mantenimiento se realizan con un 10%, 20%, 25% y 50,1 costes totales de mantenimiento. El investigador realizó esta simulación con la herramienta SOLVER en el software MS Excel. Al comparar los resultados de estos tres escenarios, determinó la asignación de recursos económicos y la probabilidad más adecuada para su estudio. Al solicitar un PSC, ha podido anticipar los recursos financieros necesarios para realizar trabajos de mantenimiento durante un período de 20 años. (Santana, 2020, p.38)

En Cusco, Mozo y Quispe (2019) en su tesis “Evaluación superficial de la condición y serviciabilidad del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) y ROADROID en el circuito humedal Lucre-Huacarpay. 2019”, Como objetivo se busca evaluar la uniformidad superficial del pavimento flexible en el circuito de humedales Lucre-Huacarpay, el cual es muy valioso por ser un sitio de conservación natural de ecosistemas. y diversidad biológica. La superficie de rodadura de este circuito presenta defectos que no permiten un óptimo estado de funcionamiento o un adecuado estado de servicio para vehículos y peatones. Por tanto, es necesario conocer el nivel de deterioro del pavimento flexible; así como su índice de capacidad de servicio. (Mozo y Quispe, 2019, p.86)

Como Metodología, los investigadores utilizaron dos métodos fiables para evaluar los pavimentos; 1. El método del índice de condición del pavimento, que proporciona un valor numérico de la condición real del pavimento flexible, y 2. El método Roadroid, que mide el índice de servicio. Los investigadores utilizaron técnicas de recolección de datos con instrumentos de ingeniería. Los resultados obtenidos de los 8,27 km de calzada son: un PCI = 22,87; Significa un estado "muy malo" de la banda de rodadura blanda del pavimento, según el rango de calificación de la metodología PCI. Además, gracias a la aplicación Roadroid, obtuvo los siguientes valores del índice de servicio actual (PSI): PSI = 2814 (dirección hacia afuera) y PSI = 2813 (dirección hacia atrás); significa una condición con una calificación de servicio "regular". (Mozo y Quispe, 2019, p.86)

En Lima, Ramírez (2017), en su investigación "Cálculo de IRI por acelerómetro de Smartphone en el tramo Huarmey - Casma de la carretera Panamericana Norte", tesis de maestría en ingeniería civil (Pontificia Universidad Católica del Perú), se trazó el objetivo de comparar los resultados del IRI de un perfilómetro láser y el software Roadroid en un tramo de la carretera nacional. El sector seleccionado es el tramo Huarmey - Casma, autovía de dos carriles para cada sentido, de sur a norte y viceversa. Como Metodología es una investigación descriptiva comparativa. Los resultados obtenidos con el software fueron 1,2 m / km y 1,3 m / km en cada pavimento de la vía y con el perfilómetro láser se obtuvo respectivamente 1,11 m / km y 1,16 m / km. Así, se concluyó que "al viajar en vehículo para recolectar datos en el rango de velocidad de 75-90 km / h, se correlacionan los valores del IRI estimado y el IRI calculado" (Ramírez, 2017, p.75).

Teorías relacionadas al tema

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018, p. 2) define los siguientes conceptos en el "Manual de Caminos, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos":

- Pavimento rígido: Es "una estructura de pavimento esencialmente constituida por una serie de láminas granuladas (subbase y base), con una capa de desgaste asfáltico compuesta por materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y aditivos, sobre las capas granulares están mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, mezclas asfálticas frías y calientes" (MTC, 2018).
- Pavimento flexible: Es "una estructura formada específicamente por el sustrato granular, la base granular se puede consolidar con cemento, asfalto o cal y la capa base es una losa de hormigón que tiene aglomerante, áridos y aditivos. Existen revestimientos de hormigón simple con juntas, hormigón con juntas y refuerzos de acero en forma de fibras o mallas y revestimientos de hormigón con refuerzo continuo" (MTC, 2018).

El pavimento articulado: El pavimento articulado consiste esencialmente en una capa base, arena y piezas prefabricadas de hormigón, que se denominan adoquines.

a) Índice internacional de rugosidad (IRI)

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es “un modelo matemático que calcula la acumulación de vibraciones de suspensión causadas por contornos o formas longitudinales cuando un vehículo (un modelo de cuarto de automóvil) circula por la carretera a 80 km / h. El IRI, también conocido como Índice Internacional de Rugosidad, fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como el único estándar de rugosidad y sirvió como valor de referencia para calcular el estado de la banda de rodadura. (Latorre, 2018, p.28).

Y para el cálculo del IRI se fundamentaron con ecuaciones matemáticas, estadísticas y de diversas herramientas computacionales, desarrollando varios procedimientos como:

La medida real de un perfil longitudinal de la carretera se filtra a través de una media móvil basada en una longitud de 250 mm. Este filtrado representa el suave efecto de la deformación del neumático. El perfil de configuración generado se simulará en el área del automóvil. La simulación rastrea la respuesta física de la superficie de la carretera cuando el automóvil circula en una curva a una velocidad de 80 km / h. (Latorre, 2018, p.28)

El IRI se calcula dividiendo el movimiento acumulado (m) de la suspensión del vehículo por la longitud del perfil recorrido (km); los mismos, que vienen determinados por su unidad de medida (m / km), metros acumulados por kilómetro, simbolizando así como se muestra en la figura 4:

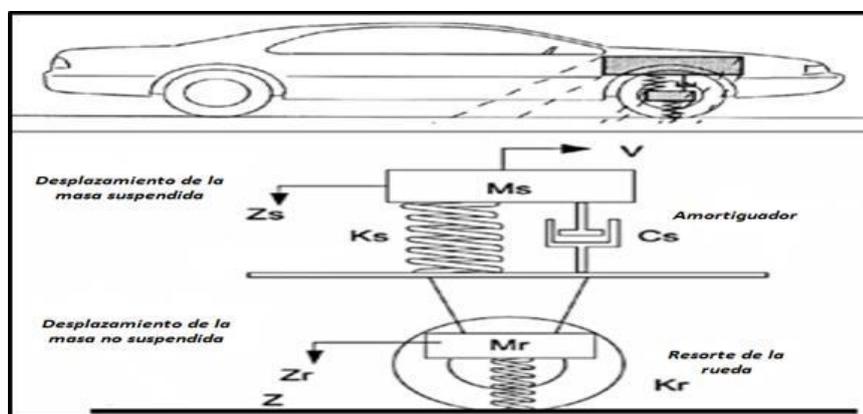


Figura 4. Representación funcional del modelo de cuarto de carro.
Fuente: Latorre, 2018.

Dónde:

Ks: constante del resorte de la suspensión;

Kr: constante del resorte de la rueda;

Ms: masa suspendida;

Mr: masa no suspendida y,

Cs: amortiguador.

Por lo resultante, el valor del IRI está definido por la siguiente ecuación.

(Latorre, 2018, p.29):

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{X/v} |Z_s - Z_r| dt$$

En el cual:

IRI es el índice de rugosidad internacional en mm/m;

L: longitud del tramo;

X: distancia longitudinal en m;

V: velocidad del modelo del vehículo (80km/h);

X/V: tiempo en que tarda recorrer cierta distancia x;

dt: incremento del tiempo;

Zs: velocidad vertical de la masa del vehículo y,

Zr: velocidad vertical de la masa del eje. (Latorre, 2018, p.29)

Según Latorre, (2018, p.30), “el Banco Mundial, manifestó la siguiente escala de medición de la rugosidad para diversos tipos de vías” como se muestra en la figura

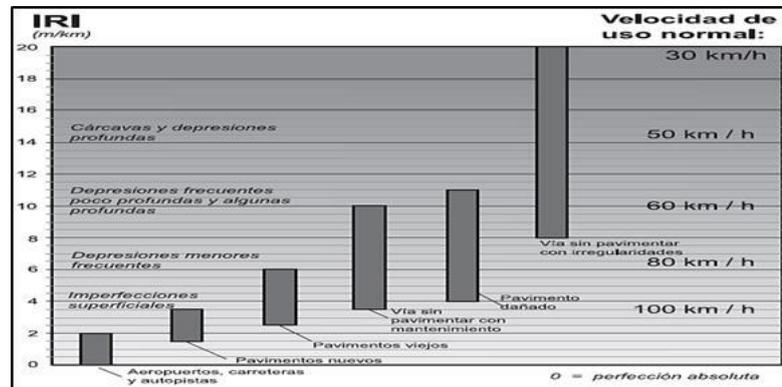


Figura 5. Escala de rugosidad para medir diversas vías.
Fuente: Latorre, 2018.

Para carreteras pavimentadas, el valor de IRI es de 0 a 12 m / km, lo que significa superficies perfectamente lisas o niveladas y 12 carreteras intransitables; para carreteras sin pavimentar la escala es hasta 20. El perfil real de la carretera de nueva construcción tiene un período de 0, pero está indicado por su IRI inicial mayor que 0, principalmente porque se puede obtener desde un punto de vista constructivo, valor de IRI = 0, que interesante y difícil. "Una vez puesta en funcionamiento, la rugosidad de la carretera cambia con el tráfico" (Latorre, 2018).

b) Sistema Roadroid

Según define ROADROID (2015, p. 8) “Roadroid es un sistema de control para la monitorización de carriles que tiene su propio sitio web, en el que se pueden ver los niveles de rugosidad de inmediato”. Roadroid mide la uniformidad de la superficie de la carretera de una manera eficiente, simple y económica utilizando la “aplicación” de Android sistema en el teléfono inteligente. La aplicación tiene su propio acelerómetro que puede detectar vibraciones al conducir en la carretera. Esto se hace utilizando su propio índice de balanceo, que está relacionado con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), un parámetro de regulación global que se utiliza para ajustar la uniformidad de las superficies de las carreteras.

De acuerdo con Latorre (2018, p.63) el Índice Roadroid (IR) “es el único índice del sistema que ha realizado múltiples comparaciones con el IRI a lo largo del tiempo que dan 18 resultados idénticos por el modelo de vehículo de un cuarto, basado en

ecuaciones de correlación lineal para una aproximación en los resultados. Y especifica que el Roadroid Index muestra la calidad y condición como porcentaje de los tramos de carretera en las áreas o zonas evaluadas en tiempo real en el mapa virtual en el que se calculan el eIRI (estimado) y el cIRI (calculado). La tabla 1 muestra los valores determinados:

Tabla 1. Valores de Roadroid para determinar las condiciones del pavimento.

Condición de la Carretera	eIRI	Velocidad (km/h)
Buena	< 2.2	> 70
Satisfactoria	2.2. - 3.8	50 - 70
No Satisfactoria	3.8 - 5.4	30 – 50
Pobre	> 5.4	< 30

Fuente: Latorre, 2018, p. 32.

IRI estimado (eIRI) e IRI calculado (cIRI):

IRI estimado (eIRI).

Latorre (2018) afirma que “Roadroid necesita correlacionar el IR con el IRI para cuantificar la uniformidad del pavimento”. Por lo tanto, para obtener el resultado estimado:

- “Se ejecutaron mediciones del IRI con instrumentos de clase 1 (alta precisión) y Roadroid cada 20m de la carretera” (Latorre, 2018, p. 32).
- “Se promediaron los resultados adquiridos en diferentes tramos de la carretera, manifestando su estado de la misma” (Latorre, 2018, p. 32).

Latorre (2018, p. 32) De esto se deduce que “su estado ha implementado una fórmula de correlación entre IRI e IR en la que tiene un coeficiente de determinación (R²) de 0.5; esto da como resultado el índice de rugosidad estimado (eIRI)”.

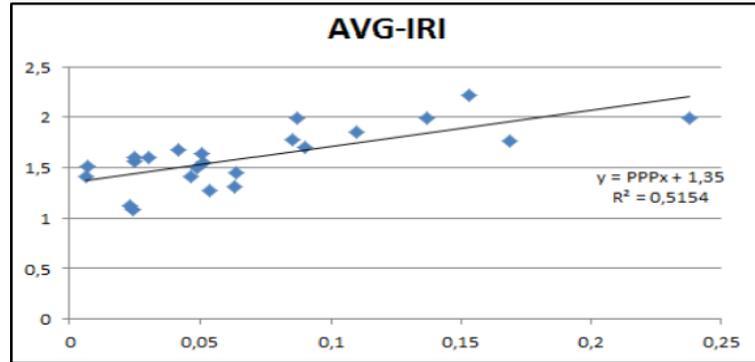


Figura 6. Correlación del IRI determinado.
Fuente: Latorre, 2018.

De acuerdo con Latorre (2018, p. 32) muchas instituciones y empresas del sector privado de ingeniería en carreteras “[...] manifestaron que el eIRI posee buenos resultados y una similitud de 81% con el IRI [...]” como se puede ver en la figura 6. Con referencia al **IRI calculado (cIRI)**, Latorre (2018) afirma que “este nuevo parámetro ha sido desarrollado, lo que depende de la correcta configuración y calibración del teléfono inteligente realizada por el usuario; Dado que dicho parámetro utiliza el modelo de cuarto del vehículo que acopla los dos pesos (amortiguado y no amortiguado) y el movimiento del vehículo en los datos almacenados por el acelerómetro y la calibración, el cIRI debe tener una velocidad de 60 a 80 km / h”.

Comparado con la herramienta más confiable, “el software ARAN para monitorear y analizar el perfil de la carretera, resulta que el cIRI no es muy preciso para superficies rugosas, mientras que los resultados para el cIRI calculado en caminos de grava y asfalto son muy buenos” y confiable “(Latorre, 2018, p. 32).

Con respecto a los fundamentos para el uso profesional del mencionado sistema, ROADROID (2014, p. 2) “[...] recopila datos de IRI en el nivel de clase 2 y 3 [...] que es fácil y económico de usar en comparación con la clase 1 y muy objetivo, potente y eficiente en la recopilación de datos de IRI en comparación con la clase 1”, Como se puede ver en la Figura 7.

- Clase 1 - perfiles de precisión (intervalos de 10 – 20 m costosos y complejos para utilizar)
- Clase 2 - otros métodos de perfilométricas
- Clase 3 - IRI por correlación (intervalos de 100 m +)
- Class 4 - Valoraciones subjetivas / inspecciones oculares (subjetiva y requiere mucho tiempo)

Figura 7. Clases de medición del IRI

Fuente: Roadroid, 2014.

La norma peruana CE.010 (2017, p. 40) establece que “los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, desagüe y reposición de pavimentos urbanos, desde la perspectiva de la mecánica de suelos y la ingeniería de pavimentos para garantizar la sostenibilidad, utilizar recursos razonables y el buen desempeño de aceras, carriles y estacionamientos en vías urbanas, a lo largo de su vida útil”.

Según indica Latorre (2018, p. 32) "El Banco Mundial, otras instituciones y empresas privadas de ingeniería vial han declarado que el eIRI funciona bien y es 81% similar al IRI". Como se detalla en la Figura 8.

IRI calculado (cIRI). Este nuevo parámetro ha sido desarrollado en base a una investigación que depende de la correcta configuración y calibración del sistema Roadroid con el teléfono inteligente cuando el usuario lo ejecuta, ya que este parámetro utiliza el modelo de cuarto del vehículo que tiene dos pesos (el amortiguado y el no amortiguado) y el movimiento del vehículo en los datos almacenados por el acelerómetro, así como la calibración que se debe realizar para el cIRI a una velocidad de 60 a 80 km / h. Finalmente, una comparación con una herramienta altamente confiable como el software ARAN para monitorear y analizar perfiles de carreteras confirma que el cIRI de la superficie rugosa que actualmente necesita ser examinado no es muy preciso. Los resultados de cIRI calculados en campos y carreteras asfaltadas son muy buenos y fiables.

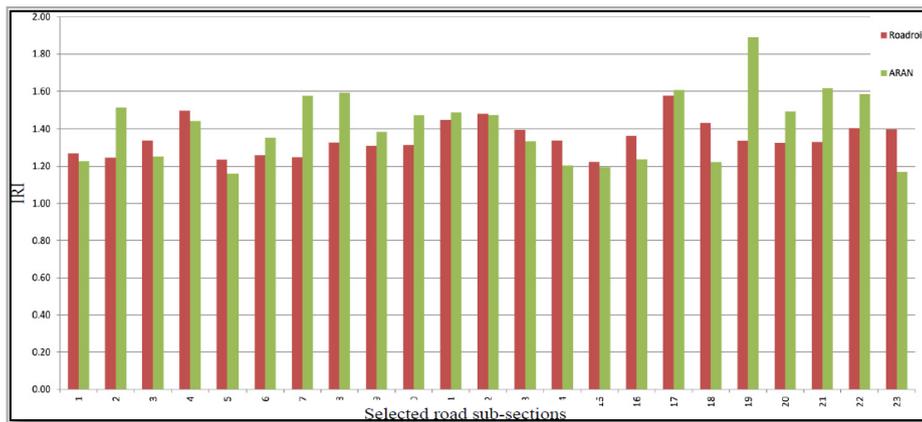


Figura 8. Comparación de perfiles de Roadroid con otra herramienta.
Fuente: Latorre, 2018.

Forslof (2014) afirma que la aplicación Roadroid mide la rugosidad de dos formas, como se mencionó anteriormente. El eIRI usa una fórmula de conversión lineal que captura más de la textura de la carretera, el eIRI tiene un compensador de velocidad (20-80 km / h) que, en comparación con el cIRI, usa la fórmula del cuarto de automóvil y usa un filtro de asfixia o configuraciones de datos y una constante se requiere velocidad”.

La textura del pavimento, el eIRI tiene un compensador de velocidad (20 - 80 km / h), que en comparación con el cIRI usa la fórmula del cuarto de automóvil y usa un filtro de sofocación o configuraciones de datos y se requiere una velocidad constante”.

c) Parámetros

Los parámetros determinados para diagnosticar la rugosidad superficial de la calzada nos proporcionan la CE. 010 (pavimentos urbanos) de la norma peruana, donde contribuye a los requisitos mínimos de durabilidad de diseño, fabricación, reparación, mantenimiento, rotura y renovación, lo que conlleva reclamos sobre la vida útil y durabilidad de la pasarela urbana. La norma incluye documentos y certificados de conocimientos y experiencia adquiridos en eventos de ingeniería de la construcción en el Perú y aprobados por la entidad de Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).

Reglamento nacional de edificaciones Norma CE. 010 aceras urbanos (2010, p. 13-36). "Capítulo 3. Técnicas de investigación de campo, pruebas de laboratorio, requisitos de materiales y pruebas de control". Párrafo "3.5 control y tolerancia. Establece que en la construcción del pavimento siempre existe un límite de error, tolerancia y control en cada fase de las estructuras que componen el pavimento como son las desviaciones de la capa asfáltica, suavidad, rugosidad, espesor y compactación, donde sea inspección o la dirección de obra es la encargada de verificar, respetar y aceptar las pruebas técnicas indicadas en la norma, en este punto nos proporcionan los siguientes parámetros sobre la rugosidad del pavimento".

1. "La rugosidad de las carreteras asfaltadas alcanzará un valor máximo de 2.5 m/km en unidades IRI para vías expresas, el mismo que será valorada por el profesional responsable". (NORMA CE.010, 2017).
2. "La rugosidad se estimará con los equipos y técnicas de evaluación consultados y aprobados por el supervisor". (NORMA CE.010, 2017).
3. "Se debe evaluar la rugosidad en toda la longitud y en ambos carriles de las carreteras asfaltadas". (NORMA CE.010, 2017).

4. “Todas las evaluaciones y diagnósticos de rugosidad de las carreteras asfaltadas se realizan al final de las obras con aprobación y control de calidad de la obra”. (NORMA CE.010, 2017).

5. “La medición de rugosidad en pavimentos urbanos se realiza una vez finalizada la obra como control de calidad final, aceptación y aprobación de la obra”. (NORMA CE.010, 2017).

“Capítulo 5. Ruptura y sustitución de pavimentos para la instalación de servicios públicos. Que para los pavimentos nuevos se realizarán los mismos ensayos y controles que se prescriben en el capítulo 3”.

“Capítulo 6. Mantenimiento de pavimentos. El objetivo es preservar y mantener las aceras urbanas, mejorar la accesibilidad y al mismo tiempo garantizar la normativa vehicular. Especificación en el párrafo 6.3 Trabajos de mantenimiento, que incluye trabajos de mantenimiento de rutina, recurrentes, regulares y urgentes. Finaliza con el párrafo 6.4 de las tareas de mantenimiento, donde se deben realizar las labores de mantenimiento tales como inventario, inspección, tipo de mantenimiento, costo, pedido, cronograma y seguimiento por los criterios de reposición y mantenimiento de las vías urbanas”.

d) Uniformidad superficial del pavimento

BEDILLA et al (2009, p.37). “La uniformidad superficial del pavimento es la irregularidad longitudinal y transversal de un pavimento, que tiene un efecto directo sobre el deterioro del pavimento. El Banco Mundial presentó una medida de rugosidad denominada Índice Internacional de Rugosidad (IRI), cuya categoría va desde 0 pavimento magnífico sin ningún deterioro, hasta 112 una carretera completamente intransitable. Este parámetro ampliamente utilizado permite evaluar la rugosidad superficial de la calzada, que resulta de la suma del valor absoluto de los desplazamientos verticales en un tramo dividido por su longitud”.

RAMÍREZ (2017, p. 6) “La uniformidad de la superficie de la carretera se cuantifica mediante el IRI, que es un indicador estándar de la rugosidad de las carreteras y sirve como parámetro de referencia para medir la calidad de la calidad de rodadura.

El estudio de la rugosidad de la calzada es importante porque está relacionado con la seguridad y el confort, los costos de operación de los vehículos y el mantenimiento de las carreteras”.

Forslof (2015, p.2) afirma que, “Cuando la estructura de la carretera tiene muchos baches, los usuarios sienten que la carretera es muy incómoda porque se conduce a baja velocidad. En tal situación, el IRI podría aumentar. Como se puede ver en la Figura 9, los tipos de texturas y rugosidades que tiene.

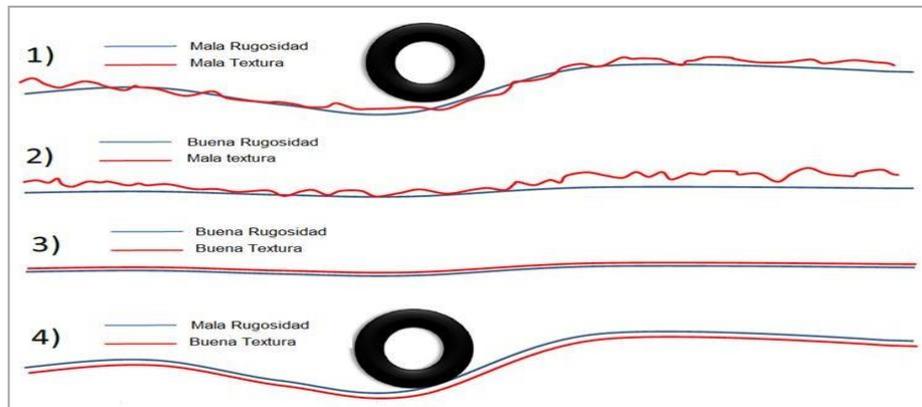


Figura 9. Clases de textura y rugosidad del pavimento.
Fuente: Forslof & Jones, 2015

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo

El enfoque de investigación que enmarca esta metodología es cuantitativo. El tipo de investigación es aplicada. El nivel de esta investigación es descriptivo con propuesta. Es descriptivo porque se limita a describir las características de un fenómeno cuando ocurre. Y, es propositiva porque propone la aplicación de una nueva tecnología para la evaluación de rugosidad.

Diseño

En ese sentido, el diseño de investigación es no experimental, transversal:



Dónde:

M: Muestra del estudio.

O: Información recolectada para el diagnóstico de la rugosidad del pavimento.

P: Propuesta de tecnología alternativa: Roadroid.

3.2. Variable y Operacionalización

Variable

Variable única: Rugosidad del pavimento

La rugosidad es la desviación de una superficie determinada de una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de conducción, las cargas dinámicas y el drenaje. (Montoya, 2014, p. 5)

Operacionalización

La rugosidad de la superficie de la carretera incluye las características de rodadura a medida que pasa el pavimento, medidas por el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual.	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable única: Rugosidad del pavimento	<p>“[...] La rugosidad es la desviación de una superficie determinada de una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de conducción, las cargas dinámicas y el drenaje. [...]”</p> <p>(Montoya, 2014, p. 5)</p>	<p>La rugosidad de la superficie de la carretera incluye las características de rodadura a medida que pasa el pavimento, medidas por el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).</p>	Índice de Rugosidad Internacional (IRI).	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones del pavimento (m/km). - Velocidad de evaluación (km/h). 	Intervalo/ Ordinal
			Índice Roadroid.	<ul style="list-style-type: none"> - IRI estimado (m/km). - IRI calculado (m/km). 	
		Condiciones de la uniformidad superficial del pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> - Buena (%). - Satisfactoria (%). - No satisfactoria (%). - Pobre (%). 	Ordinal	

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población es una colección o conjunto de todos los casos que cumplen varias condiciones determinadas y de los que se pretende conseguir información. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

En ese sentido, la población en el presente trabajo de investigación comprende 8 tramos de la vía Panamericana Sur, Ica, desde el Distrito de Subtanjalla hasta las Pampas del Distrito Tate.



Figura 10. Mapa parcial de la panamericana sur – Ica.
Fuente: Roadroid Maps.

Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de la población en la que los elementos tienen las mismas oportunidades o probabilidades de ser parte de la misma. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

Los tramos a evaluar serán en 8 tramos de la Panamericana Sur, Ica, comprendidas desde el Distrito Subtanjalla hasta las Pampas del Distrito Tate. Los cuales mencionaremos a continuación en la tabla 3:

Tabla 3. *Tramos a evaluar en la panamericana sur.*

CARRETERA PANAMERICANA SUR - ICA	LONGITUD DE TRAMO (M)	LONGITUD TOTAL (KM)
CARRIL NORTE A SUR TRAMO 1	300	28.60 KM
CARRIL NORTE A SUR TRAMO 2	3100	
CARRIL NORTE A SUR TRAMO 3	2000	
CARRIL NORTE A SUR TRAMO 4	7700	
CARRIL SUR A NORTE TRAMO 5	5800	
CARRIL SUR A NORTE TRAMO 6	3200	
CARRIL SUR A NORTE TRAMO 7	3400	
CARRIL SUR A NORTE TRAMO 8	3100	

Muestreo

El muestreo de conveniencia se utiliza para generar muestras basadas en la accesibilidad, la disponibilidad del grupo que forman parte de la muestra, un período de tiempo particular u otras prácticas específicas para una audiencia en particular, probabilidad. Este es un método de muestreo no aleatorio sin objetivos. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

En esa línea, y con base en ello, en el presente trabajo de investigación se tomó en cuenta el muestreo por conveniencia en 8 tramos de la carretera Panamericana Sur, Ica, siendo esta una de principales vías de transporte nacional como también la de mayor tránsito, como se puede apreciar en las figuras (11 y 12), se puede observar alto tránsito (circulación de vehículos ligeros y pesados), lo que genera problemas de tráfico y constituye ya una preocupación en esta investigación.



Figura 11. Congestión vehicular – Panamericana Sur Ica.



Figura 12. Carretera Panamericana Sur, Ica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas

En este estudio se aplicó la técnica de observación definida, desde el punto de vista del investigador como el proceso de observar sistemáticamente datos, fenómenos y/o hechos. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

En ese sentido, la recopilación de datos IRI del pavimento fueron en 8 tramos de la vía Panamericana Sur Ica, se aplicó la técnica de observación.

En esta investigación también, se aplicó complementariamente técnicas documentales como Páginas web especializadas, manuales, formatos del sistema Roadroid, artículos científicos de revistas indexadas, guías y mapas. Además otras técnicas de campo como Laptops, dispositivos móviles o celulares con aplicaciones Android, Smartphone, calculadora, Google Maps, Google Earth, planos. Y, un automóvil.

Instrumentos de recolección de datos:

La herramienta de informes de encuestas es un formulario de recopilación de datos diseñado de acuerdo con los requisitos y necesidades del informe y revisado por los expertos encuestados. Por ende, la confiabilidad y la validez están determinadas por juicios de expertos. Garantizando los datos recopilados a través de la aplicación del sistema Roadroid. La aplicación tuvo que usarse a través de un plan de trabajo tanto en oficina como en campo.

Validez

La validez es el grado en que un instrumento mide lo que debe medir. (Hernández, et al., 2014). En ese sentido, La validez le permite probar la exactitud de los supuestos o respuestas a diversas preguntas que surgen durante el desarrollo de su estudio. Las herramientas para esta tarea serán verificadas por tres ingenieros civiles colegiados a través de una matriz de validación, que podremos verificar más adelante en los anexos.

Confiabilidad

La confiabilidad en una investigación será el grado que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes. Para obtener una buena confiabilidad del instrumento es importante ejecutar varias pruebas, y de esta forma tendremos la certeza que los resultados obtenidos serán similares. Marroquín (2017). En ese sentido, para la obtención de una buena confiabilidad en la investigación fueron determinadas por juicio de expertos, los cuales basaron sus opiniones en parámetros que se muestran en la tabla 4, en la cual se debe considerar estabilidad clave logrando que la consistencia interna del alfa Crombach obtenga un rango muy confiable.

Tabla 4. Rangos de confiabilidad

De 0.53 a menos	Confiabilidad cero
De 0.54 hasta 0.59	Confiabilidad baja
De 0.54 hasta 0.59	Confiable
De 0.54 hasta 0.59	Muy confiable
De 0.54 hasta 0.59	Excelente confiabilidad
1.00	Confiabilidad perfecta

Fuente: Marroquín (UNE)

La escala Likert también permite medir la relevancia de las observaciones de campo para una evaluación correcta, como se aprecia en la tabla 5.

Tabla 5. Escala de Likert

1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Fuente: Marroquín (UNE)

3.5. Procedimientos

El procedimiento se inicia instalando la aplicación Roadroid en el equipo Smartphone. Además se registra la Identidad Internacional de Equipo Móvil (IMEI). Después, se remite un email vía celular para que proporcionen el registro de la cuenta, los pasos a siguió en este ensayo fueron de acorde a la guía de usuario Roadroid versión 3 Pro, donde indica las configuraciones iniciales del aplicativo que se deben realizar antes de diagnosticar, los 8 tramos en la carretera Panamericana Sur Ica.

En ese sentido, se procedió a recopilar información del índice de rugosidad del pavimento en tramos de la carretera Panamericana Sur Ica, utilizando la aplicación Roadroid, planificación previa y organización de las actividades pertinentes.

La recopilación de información se realizó a la media noche del día domingo 04 de julio del 2021 en 8 tramos de la Panamericana Sur Ica, desde el Distrito Subtanjalla hasta las pampas del Distrito Tate. Con una distancia de 28.60 Km. En este proceso, se considera una velocidad que va desde los 20km/h hasta los 80km/h, velocidades recomendadas para lograr buenos resultados del IRI estimado y calculado.

Se empleó las siguientes herramientas:

Un automóvil de la marca Kia picanto, que es calificado como un vehículo del tipo pequeño por el Sistema Roadroid como se puede observar en la figura 13.

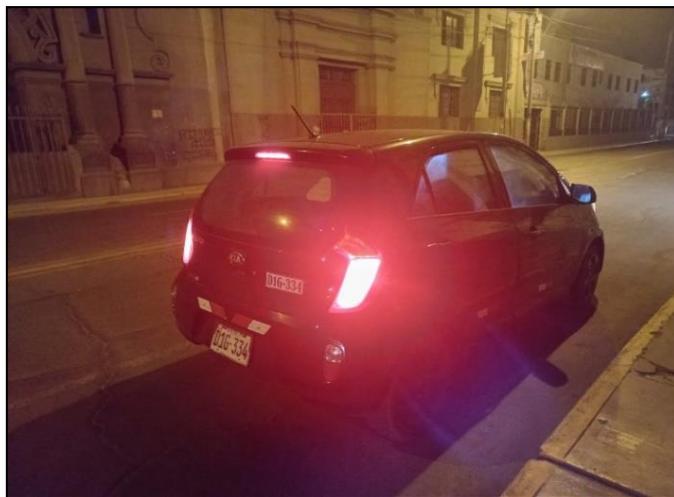


Figura 13. Vehículo utilizado en la toma de datos.

Del mismo modo, podemos visualizar en la figura 14 que se utilizó un teléfono inteligente de la marca Samsung modelo Galaxy A32 4G, como también un sujetador de teléfono para el vehículo.



Figura 14. Smartphone y sujetador utilizado en el ensayo.

También se utilizó la aplicación Roadroid versión 3.0. 4 La aplicación está disponible en www.roadroid.com/home/app puesto a que sólo está disponible para Android y la descarga de la App está en formato APK como se muestra en la figura 15.

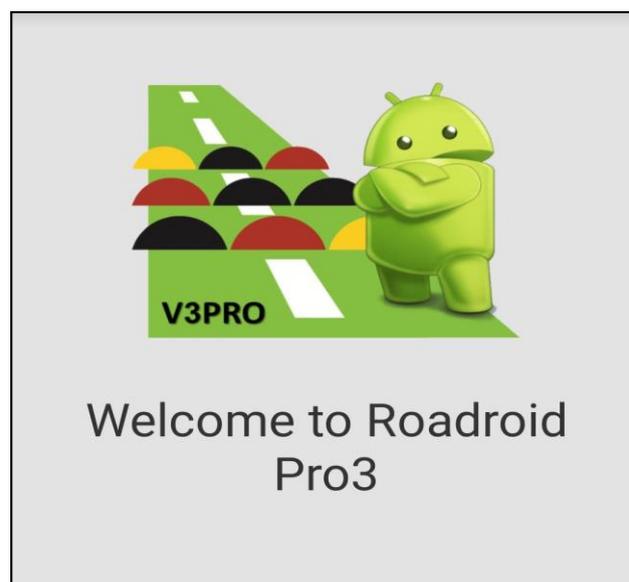


Figura 15. Aplicación Roadroid versión 3.0.4.
Fuente: www.roadroid.com

Figura 16.

3.5.1 Data recopilada del Sistema Roadroid

Para recolectar los datos a través del aplicativo Roadroid se debe seguir con los siguientes pasos:

- El primer paso requiere crear una cuenta o usuario en la página www.roadroid.com/account/register donde se puede registrar y rellenar un formulario con la información requerida, como datos personales e IMEI del celular a utilizar en el ensayo. La licencia se puede obtener de manera gratuita si es con fines educativos o se puede realizar la compra de la licencia en la página de Roadroid.

Es fundamental que después de esta compra se registre el Smartphone en la página Roadroid con el IMEI del celular para la calibración del programa según las propiedades del Teléfono inteligente en uso. Una vez llevado a cabo el registro, el celular va a estar conectado al usuario de forma que ni ninguna muestra se logre perder. Para colocar correctamente el teléfono en su vehículo, se tiene que seguir los siguientes pasos:

- Una vez registrado, el usuario solicitará una cuenta que se puede ingresar al sistema en el siguiente sitio web www.roadroid.com/Account/Login para poder visualizar y descargar todos los archivos previo de ser obtenidos en campo.
- La instalación del sujetador del teléfono debe colocarse en el parabrisas

delantero del vehículo en el que este fija, estable y fácil de alcanzar la pantalla, donde el teléfono tiene que estar lo más horizontal posible para que la cámara fotográfica pueda capturar imágenes sin ninguna obstrucción como se aprecia en la figura 16.



Figura 17. Teléfono móvil con sujetador instalado en el parabrisas.

- Para iniciar con el diagnóstico del IRI se debe activar el GPS, los datos móviles o Wi-Fi para poder subir los archivos obtenidos según la configuración que se seleccione como se muestra en la figura 17.

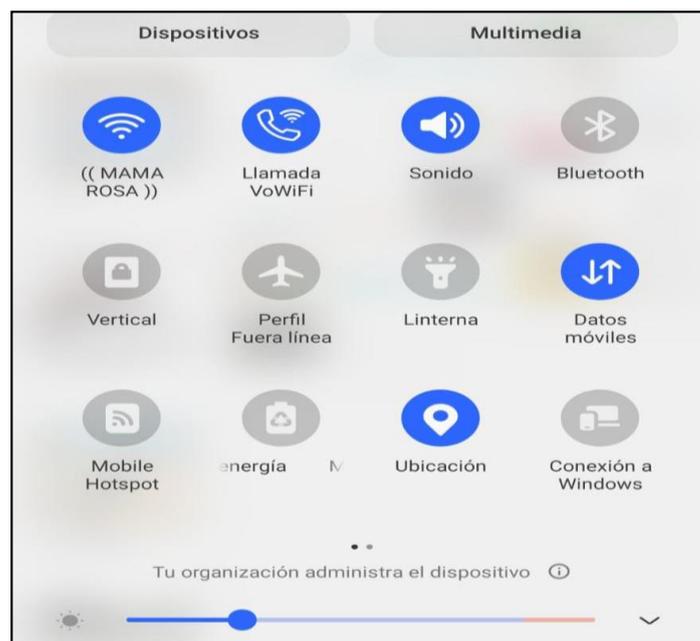


Figura 18. Activación del GPS, WI-FI o Datos móviles.

- En la figura 18 podemos observar que al abrir la aplicación y seleccionar el

"Menú" y pulsar "Configuración". Se observa una lista de opciones para un ajuste adecuado de la aplicación, luego se selecciona la opción de "General" para ingresar nuestro correo electrónico, la cual también se puede hacer al iniciar la aplicación y algunos otros ajustes de la aplicación.

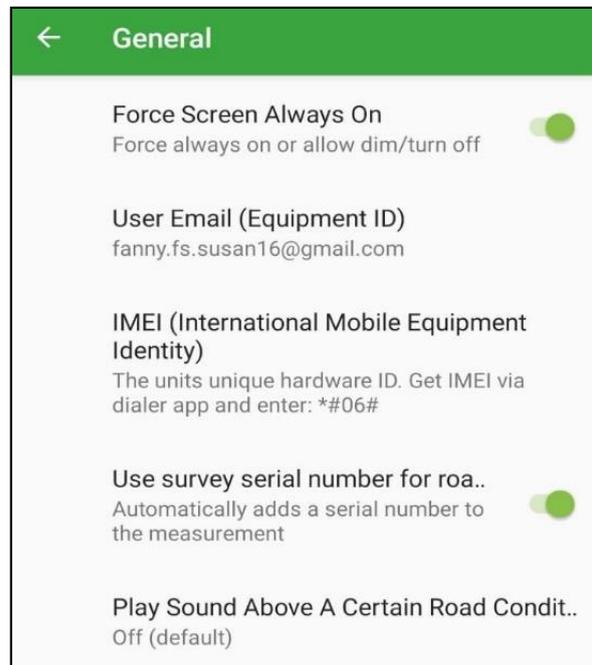


Figura 19. Configuración de Data, media & locale de la App.
Fuente: Data, media & locale aplicación Roadroid.

- Al pulsar "Data, media & locale" se debe desactivar la opción "Delete Media After Upload" para que todos los datos recolectados se guarden en la memoria del teléfono después de cargarlos en el sistema (por motivos de seguridad), finalmente el check " Sólo cargar si Wi-Fi está disponible "debe estar activado para poder cargar los datos recolectados atreves de Wi-Fi al sistema, porque los datos móviles no es muy recomendable utilizar (figura 18) y las demás configuraciones se deja por defecto.

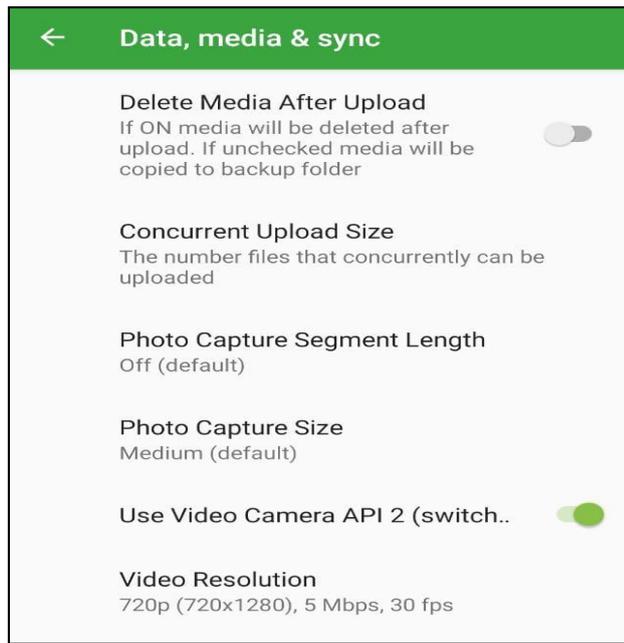


Figura 20. Configuración de Data, media & locale de la App
Fuente: Data, media & locale aplicación Roadroid.

- Seguido, se selecciona “Dispositivo y vehículo” en la opción “Tipo de vehículo” se elige el tipo de vehículo a utilizar (pequeño, mediano y grande). Para esta recolección de datos se utilizó un automóvil de marca Kia Picanto, que se puede clasificar como pequeño según sus propiedades Finalmente las otras opciones se selecciona por defecto y se modifica de acuerdo a la velocidad, longitud, lugar y características de la carreta en la que se va a diagnosticar el índice de rugosidad del pavimento para más detalle se puede visualizar la figura 20.

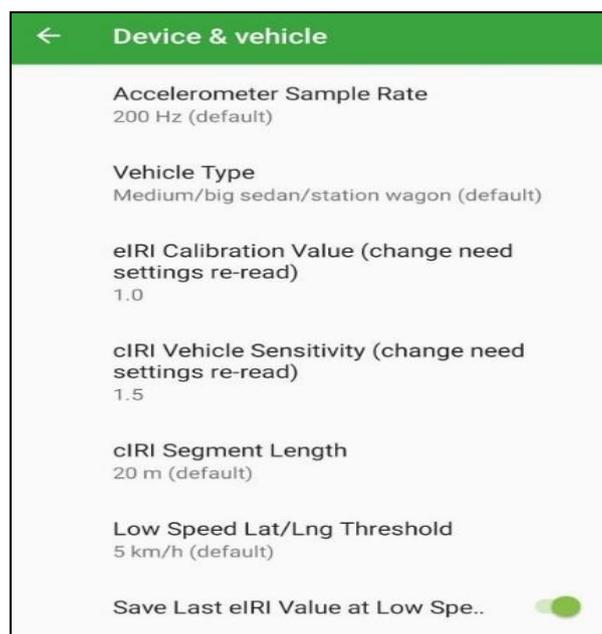


Figura 21. Configuración de la Device & Vehicle de la App según el estudio.
Fuente: Device & vehicle aplicación Roadroid.

- Para empezar a recorrer se pulsa el botón amarillo para calibrar el Smartphone en las coordenadas X, Y, Z para lograr que los valores sean igual a cero y luego pulsar el check de color verde.

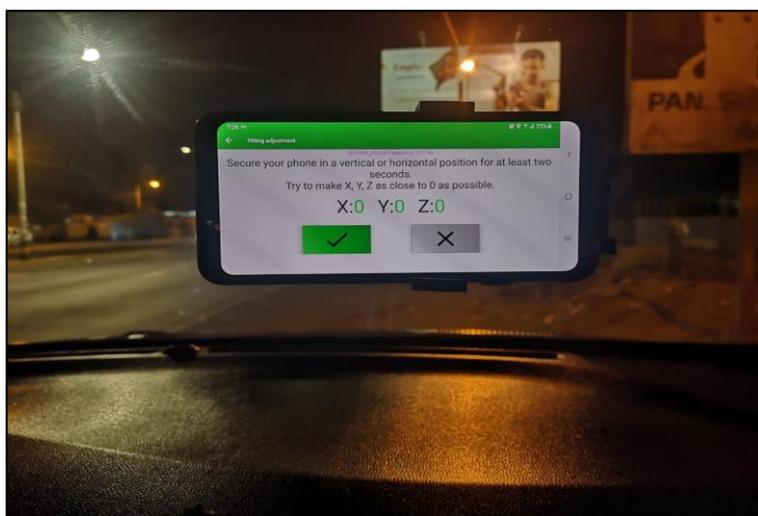


Figura 22. Calibración del Smartphone.
Fuente: Start menú aplicación Roadroid.

- Finalmente una vez calibrado todos los ajustes de la aplicación se selecciona el botón de cámara y luego la opción de empezar, se puede apreciar en la figura 22 el del recorrido, lo más recomendable antes de seleccionar la opción empezar, es que el vehículo debe estar en movimiento entre una velocidad de 50 km /h (lo recomendable), antes de iniciar se debe renombrar la vía a ser diagnosticada, por eso se pide iniciar unos 100 m a 200 m antes. En último lugar para detener el diagnóstico se presiona el mismo botón.



Figura 23. Inicio del diagnóstico en la Panamericana Sur Ica
Fuente: Start menú aplicación Roadroid.

3.5.2 Cargar datos al sistema roadroid

Para poder cargar los datos obtenidos en campo se necesitan una conexión a internet Wi-Fi (lo más recomendable) o datos 3G - 4G según la configuración inicial que se haya hecho, la cual todos los datos se han guardado en la memoria interna del Smartphone. Cuando se haya conectado y para subir los datos se debe ir al "Menu" y pulsar "Manage uploads " para luego elegir las opciones de carga que se quiere realizar, se debe observar la transferencia de archivos para ver que los archivos no fallen o se detengan en la carga donde los archivos están en formato KB como se aprecia en la figura 23.



Figura 24. Subir datos de la App al sistema Roadroid.

3.5.3 Visualización de datos en el mapa virtual

Para lograr ver los datos obtenidos en el mapa virtual se debe ingresar su usuario al sistema, una vez cargado los datos subidos aparecerán en un tiempo de 15 a 20 min de haber realizado la carga, como se observa en las figuras (24 y 25).

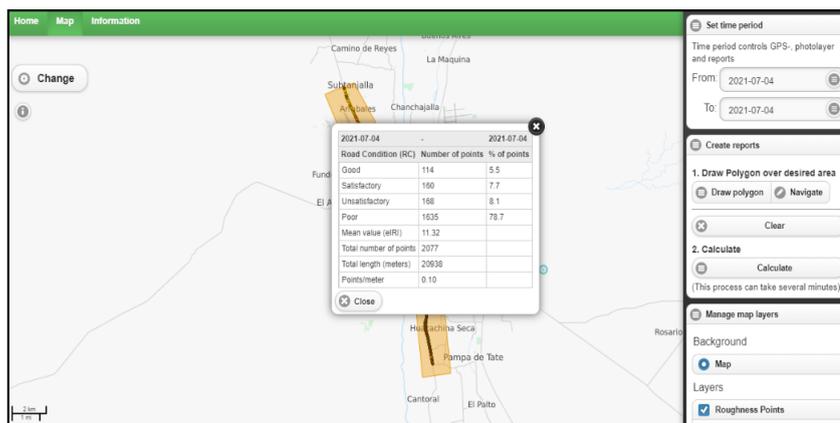


Figura 25. Datos obtenidos del diagnóstico en el mapa virtual.
Fuente: Mapa virtual del sistema Roadroid.

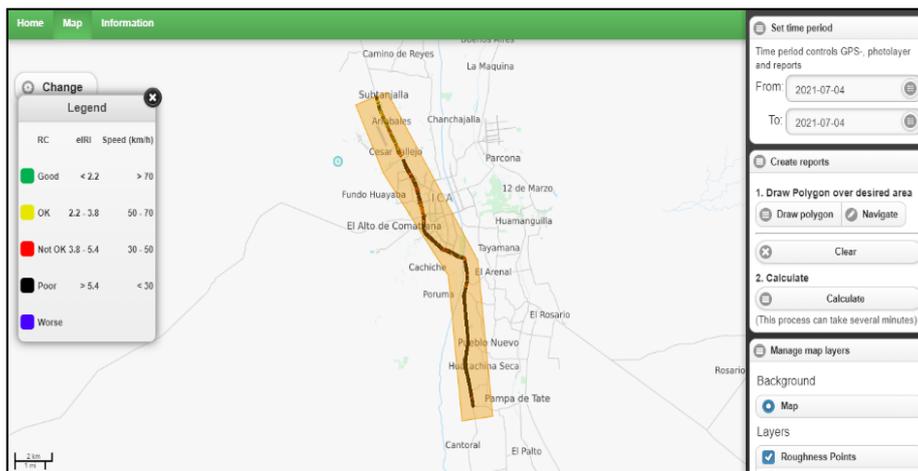


Figura 26. Visualización del sector a evaluar en el mapa virtual.
Fuente: Mapa virtual del sistema Roadroid.

Al seleccionar la opción " Manage map layers" se debe seleccionar o verificar que este seleccionado para poder visualizar los puntos obtenidos en la evaluación. En la opción "Set time period" se utiliza para visualizar la fecha en la que se hizo el diagnóstico del pavimento. Finalmente, al "Create reports" permite dibujar un polígono de la área seleccionar a calcular, para poder cerrar el polígono se debe hacer doble click en el mismo botón (hasta que el área marcada se haga de color naranja), luego para obtener el porcentaje en sit, debe seleccionar "Calculate" para ver los porcentajes de las 4 clases de niveles de rugosidad promedio, así como el eIRI.

3.5.4 Visualización de datos en el mapa virtual

Para descargar todos los datos obtenidos, en el sistema Roadroid debemos seleccionar "Import history" para luego seleccionar "Details".

Fecha de vencimiento de la cuenta: 2021-07-07 (notifiquenos con anticipación para la extensión)
Información de usuario: noviembre de 2020: cambiar a la versión. 3 de la aplicación en el primer trimestre de 2021. Las versiones anteriores de la aplicación no podrán cargar datos, será necesaria una actualización.
Versión actual del sistema: 2.6.12

Mis Unidades Informe REM Importar historial Cerrar sesión
Inglés | Svenska | Português

Casa Condiciones del camino Inventario de carreteras Gerente de eventos en la carretera Sensores de tráfico Informe de cambios Información

Importar lista de historial

Show: 25 entradas Buscar: Tipo: Todas

Fecha de importación	Nombre de usuario	Nombre de la unidad	Estado de importación	EIRI medio	CIRI medio	La velocidad promedio	Identificación de la carretera	Longitud de la encuesta (m)	Tipo	
07/05/2021 4:29:00	2008000001	2008000001_Unit1	Importar OK	3,9	10,4	53,0	panamericana sur carril 2 T-5	3130	Condiciones del camino	Detalles
07/05/2021 4:28:56	2008000001	2008000001_Unit1	Importar OK	9,6	14,2	46,0	panamericana sur carril 2 T-4	3424	Condiciones del camino	Detalles
07/05/2021 4:28:52	2008000001	2008000001_Unit1	Importar OK	9,5	14,6	47,0	panamericana carril sur 2 T-3	3243	Condiciones del camino	Detalles
07/05/2021 4:28:48	2008000001	2008000001_Unit1	Importar OK	12,3	14,7	51,3	Panamericana sur carril 2 T-2	5860	Condiciones del camino	Detalles
07/05/2021 4:28:42	2008000001	2008000001_Unit1	Importar OK	5,4	8,1	36,0	panamericana carril sur 2 T-1	0	Condiciones del camino	Detalles

roadroid.com/importHistory/Details/171589

Figura 27. Descarga de datos obtenidos del sistema Roadroid.
Fuente: Import History del sistema Roadroid.

Esto nos lleva a otra ventana en la que podemos importar datos en formato de "archivo de forma" para el software para sistemas de información geográfica como Arc / Info o ArcGIS. También en formato Keyhole Markup Language (KML) para su procesamiento con Google Earth. Finalmente, en la opción "Generar", puedes descargar los archivos en formato TXT, que luego se utilizó para exportarlos a una hoja de cálculo de Excel. Durante la descarga, puede seleccionar cuantos metros de evaluación se desea importar los datos.

Casa Condiciones del camino Inventario de carreteras Gerente de eventos en la carretera Sensores de tráfico Informe de cambios Información

Detalles de la encuesta

[Mostrar el punto de inicio y finalización de la encuesta en Google Maps](#)
(debe permitir ventanas emergentes en el navegador web)

[Mostrar datos de la encuesta en el mapa](#)
(utilice la pestaña "Estado de la carretera" que se encuentra arriba para ver todas las encuestas).

Generar archivo de forma

Generar archivo KML

Generar archivo agregado Seleccione la longitud de agregación (metros)

- 5m
- 10m
- 20m
- 50m
- 100m**
- 160m
- 200m

Detalles de la encuesta	Valor
ID de medición	176668
Fecha de importación	07/05/2021 4:26:48
Nombre de usuario	2008000001
Nombre del archivo	356263311409563-20210704193239-5dd76887-RCP.zip
Hora de inicio de la encuesta	07/04/2021 19:32:39

Figura 28. Detalles de importación de datos.
Fuente: Import History (Details) del sistema Roadroid.

Finalmente, luego de completar los pasos anteriores, todos los datos registrados en el campo serán generados como se muestra en la Figura 28

356263311409563-20210704200612-3b03b30b-RCP_eggr: Bloc de notes

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

cIRI-sensitivity: 1,5 | eIRI-sensitivity 1

DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
04/07/2021 20:06:12	-14,09862	-75,716507	100	47,77	424,39	0	9,18	15,33	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:06:19	-14,0977319485531	-75,7165860248274	200	49,5	423,25	-1,14	6,14	13,54	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:06:26	-14,0969063489798	-75,7167368071179	300	51,07	422,76	-0,49	10,67	16,58	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:06:33	-14,0960244095582	-75,7169017018894	400	53,42	422,94	0,17	22,89	42,27	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:06:40	-14,0950569920051	-75,7170871283573	500	54,01	423,44	0,5	16,67	33,14	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:06:47	-14,0940766543206	-75,7172726195703	600	53,65	423,87	0,43	13,67	29,28	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:06:53	-14,0933771467197	-75,71741626747	700	54,02	423,85	-0,02	17,6	29,19	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:00	-14,0924075432566	-75,717608881959	800	53,06	424	0,15	24,41	44,46	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:07	-14,0914695839137	-75,7177652525135	900	47,8	425,26	1,26	12,75	30,96	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:15	-14,0905607600934	-75,7181243496979	1000	48,15	426,31	1,06	5,41	12,46	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:22	-14,0902345805188	-75,7188503052938	1100	51,39	425,99	-0,32	13,07	20,05	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:29	-14,09012603259	-75,7198005014066	1200	54,99	424,63	-1,36	15,37	36,7	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:35	-14,0898796559307	-75,7205290007171	1300	52,33	425,21	0,58	7,25	24,04	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:42	-14,089508092046	-75,7213810664532	1400	47,88	426,49	1,28	11,19	23,5	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:50	-14,0890915439925	-75,7223101852622	1500	43,75	426,38	-0,11	10,59	19,68	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:07:58	-14,0887407317394	-75,7230829261875	1600	39,4	426,66	0,29	17,65	29,57	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:08:08	-14,0882985655132	-75,7240893601818	1700	41,23	425,62	-1,04	10,66	21,6	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:08:16	-14,0879759434723	-75,7248262741984	1800	46,24	424,84	-0,78	5,25	14,79	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:08:24	-14,0875978183741	-75,7257430034143	1900	48,07	424,61	-0,23	8,11	16,41	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:08:31	-14,0872965457717	-75,7264982517288	2000	47,42	424,97	0,35	8,51	12,34	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:08:39	-14,086909670566	-75,7274584709172	2100	47,41	425,61	0,65	11,22	21,61	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:08:46	-14,0866166981867	-75,7281971381688	2200	49,86	425,95	0,34	5,02	13,94	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:08:53	-14,0862824119819	-75,72904172668439	2300	51,83	426,58	0,62	5,39	13,36	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:00	-14,0858062095192	-75,7298411823523	2400	51,32	427,6	1,02	8,7	17,94	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:07	-14,0852412965117	-75,7305356046511	2500	46,72	427,04	-0,56	8,46	16,77	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:15	-14,0846372742496	-75,731300952697	2600	42,39	426,73	-0,31	8,23	18,71	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:24	-14,0840026237377	-75,7320977707844	2700	41,8	426,24	-0,49	10,62	19,55	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:32	-14,083505699932	-75,7327132872273	2800	44,83	425,32	-0,92	10,71	18,99	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:40	-14,0829319248142	-75,733426120092	2900	45,22	426,24	0,92	9,41	16,96	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:48	-14,0823446764665	-75,7341483551415	3000	41,98	427,25	1,01	11,18	16,96	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:09:57	-14,0817226765975	-75,7349175652567	3100	40,67	428,03	0,78	13,17	21,8	panamericana sur carril 2 T-3
04/07/2021 20:10:06	-14,0811268040205	-75,7356562780049	3200	40,03	428,82	0,79	8,46	15,6	panamericana sur carril 2 T-3

Ln 2, Col 37 100% Windows (Ctrl)

Figura 29. Datos obtenidos en campo.

3.5.5 Gráficos en el Software Excel

Los archivos de texto descargados (.txt) se importan al programa de software de Excel para crear los gráficos. Estos se utilizan para realizar un análisis de diagnóstico de las aceras Además, de demostrar el cálculo del eIRI por cada metro diagnosticado y obtener el perfil del tramo recorrido el cual se visualiza en la figura 29.

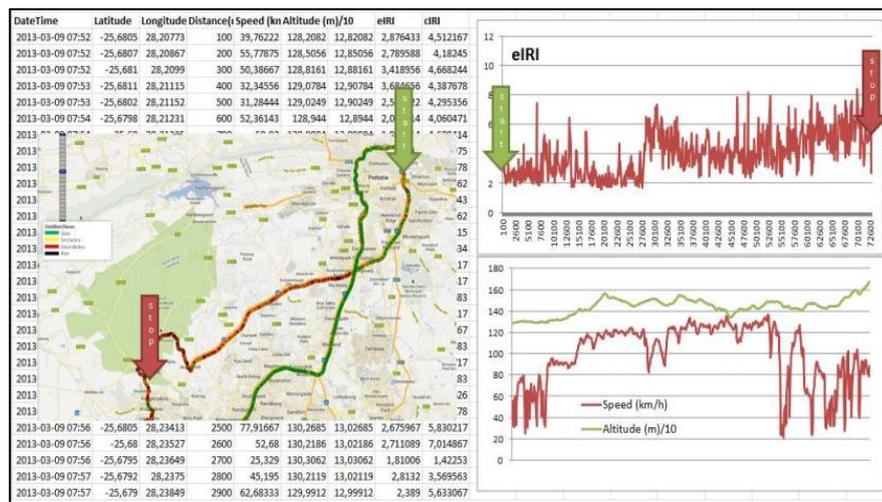


Figura 30. Gráficos de datos en Excel.
Fuente: Guía de usuarios Roadroid Versión 3Pro.

3.5.6 Análisis de datos por el método Roadroid mediante Smartphone

Todos los datos recopilados con el método Roadroid con su teléfono inteligente se presentan en el siguiente apéndice. Varios estudios realizados por el equipo de Roadroid han demostrado que el cIRI, cuando está completamente calibrado, proporciona resultados fiables para medir la rugosidad del pavimento. El cIRI se basa en el modelo de un 1/4 de vehículo recomendado por el Banco Mundial y recomienda mantener una velocidad constante de 60 a 80 km / h durante la recopilación de datos del IRI. En esta prueba, se considera que el valor de IRI estimado coincide mejor con el IRI real del pavimento que se está evaluando, ya que la velocidad recomendada para lograr el IRI calculado no es constante. A partir de los datos recopilados, se generó una nube de puntos IRI estimada en relación con la distancia.

3.5.7 Método de análisis de datos

El análisis de resultados fue desarrollado por los siguientes softwares: App Roadroid y Microsoft office Excel 2016.

3.5.8 Aspectos éticos (utilice el código de ética de la UCV)

Esta investigación respeta la originalidad y autenticidad de los datos obtenidos. Y, se asume el compromiso de proteger éticamente la propiedad de las investigaciones contempladas, así como también de los participantes de esta investigación.

Esta investigación siguió los principios éticos básicos de objetividad, honestidad y respeto a los derechos de terceros.

Se tomaron decisiones en cada fase del proceso de indagación con el fin de asegurar tanto la calidad de la indagación como la estabilidad y la paz de los relacionados en la indagación y se llevó a cabo con las regulaciones, estándares y puntos legales importantes.

Asimismo, la norma ISO 690 nos obligaba a recopilar y citar la información necesaria de forma fiable, por lo que se indica que el desarrollo de nuestro proyecto demuestra fehacientemente la autenticidad fiel y correcta de los autores en cuanto a los datos extraídos. Diferentes fuentes bibliográficas, las mismas que nos han servido de soporte y soporte para la realización de esta investigación.

Además, este estudio se basó en los principios de la RESOLUCION DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0126 – 2017 / UCV, de fecha 23 de mayo del 2017.

El principio de Beneficencia otorga a las personas e instituciones responsables de un diagnóstico rápido y eficiente del IRI el uso de un instrumento económico y fácil de usar como es el Roadroid y beneficia a la población con su posterior mantenimiento de las vías.

De acuerdo con el principio de no maleficencia, no se toman acciones nocivas que puedan perjudicar a la institución universitaria, los directores de proyecto y los beneficiarios.

Se adopta el principio de autonomía, responsabilidad de las acciones que se realicen durante el desarrollo del proyecto de investigación.

El principio de equidad está anclado en el tratamiento de equidad, privacidad y confidencialidad que surgen de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Zona de estudio

La zona de estudio se ejecutó en la carretera Panamericana Sur, Ica, como se observa en la figura 30, comprendida desde el Distrito Subtanjalla hasta las Pampas del Distrito Tate, donde obtendremos los resultados del IRI de todos los tramos a evaluar en esta vía.

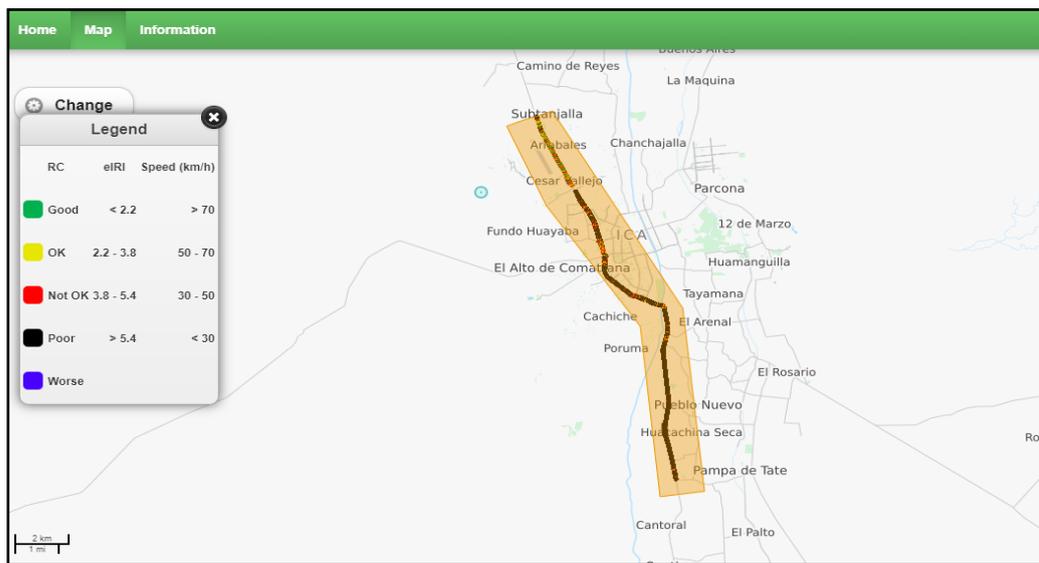


Figura 31. Mapa de tramos seleccionados para el recorrido en la Panam. Sur, Ica.
Fuente: Roadroid Maps.

4.2 Resultados del Procedimiento y Análisis de la información

4.2.1. Resultados del IRI medido con el software Roadroid

Los resultados se obtuvieron aplicando el software Roadroid y calculando los IRI para ocho secciones seleccionadas de la Carretera Panamericana Sur Ica.

Mediante la aplicación del software Roadroid (instrumento), se realizó la recopilación de datos para el cálculo del IRI en los 8 tramos seleccionados de la Panamericana Sur (Ica), recorriendo desde el tramo 1 de la panamericana sur hasta el tramo 8 de la Panamericana Sur (Ica). Después, se analizó las condiciones de vía, según la escala de medida del software Roadroid, en la cual, se determina el “Índice de Rugosidad Internacional” IRI como se aprecia

en la tabla 6:

Tabla 6. valores del Roadroid para determinar la condición del camino.

Condicion del camino	Color	eIRI	Velocidad (km/h)
Bueno		< 2.2	> 70
Satisfactorio		2.2 - 3.8	50 - 70
No satisfactorio		3.8 - 5.4	30 - 50
Pobre		> 5.4	< 30

4.2.1.1. Con relación al objetivo específico: 1. Diagnosticar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento en tramos de la carretera panamericana sur, Ica, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 7. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 1 de la Panamericana Sur (Ica).

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	eIRI	cIRI	CONDICION DEL CAMINO SEGÚN ROADROID
1	0	100	11.09	16.28	POBRE
2	100	200	13.56	29.53	POBRE
3	200	300	13.18	29.8	POBRE

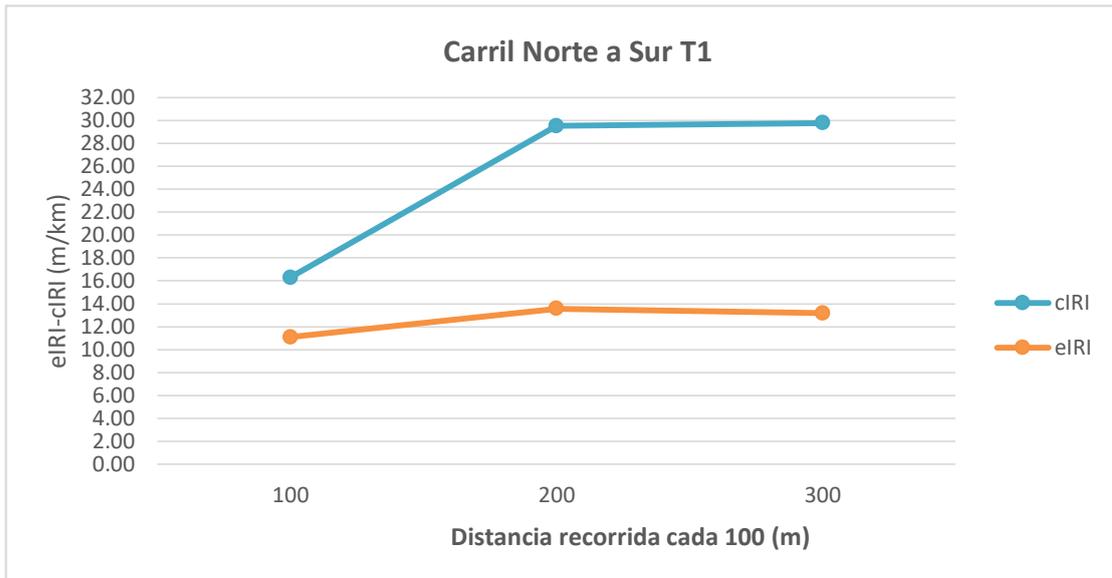


Figura 32. eIRI y cIRI del tramo 1 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 31 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 8. Resultado de los datos recolectados del tramo 1 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T1	Bueno	0	0	0	0
	Satisfactorio	0	0	0	0
	No satisfactorio	0	0	0	0
	Pobre	3	100	50.50	12.61

Descripción: La Tabla 8 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 1 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 3 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 1 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre con un promedio eIRI de 12.61 (m/km).

Conclusión – Tramo 1 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de > 5.4m/km para que un pavimento se encuentre en un estado pobre. Y, dado que, el tramo 1 de la Panamericana Sur (Ica), tiene un promedio eIRI de 12.61 (m/km); se concluye que, el tramo 1 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre.

Tabla 9. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 2 de la Panamericana Sur (Ica).

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	EIRI	CIRI	CONDICION DEL CAMINO SEGÚN ROADROID
1	0	100	20.95	25.11	POBRE
2	100	200	18.81	41.54	POBRE
3	200	300	11.32	23.94	POBRE
4	300	400	12.23	25.7	POBRE
5	400	500	12.68	21.22	POBRE
6	500	600	5.32	14.62	NO SATISFACTORIO
7	600	700	4.92	14.47	NO SATISFACTORIO
8	700	800	10.18	16.32	POBRE
9	800	900	8.98	21.32	POBRE
10	900	1000	8.13	15.74	POBRE
11	1000	1100	5.94	12.85	POBRE
12	1100	1200	7.28	14.59	POBRE
13	1200	1300	5.41	12.6	POBRE
14	1300	1400	9.30	13.62	POBRE
15	1400	1500	5.54	12.79	POBRE
16	1500	1600	9.54	22.58	POBRE
17	1600	1700	15.22	24.55	POBRE
18	1700	1800	10.25	19.47	POBRE
19	1800	1900	17.64	27.48	POBRE
20	1900	2000	10.89	27.69	POBRE
21	2000	2100	12.42	22.5	POBRE
22	2100	2200	5.92	15.75	POBRE
23	2200	2300	4.34	12.86	NO SATISFACTORIO
24	2300	2400	3.34	14.04	SATISFACTORIO
25	2400	2500	5.11	11.86	NO SATISFACTORIO
26	2500	2600	4.11	10.44	NO SATISFACTORIO
27	2600	2700	5.99	11.66	POBRE
28	2700	2800	8.94	16.76	POBRE
29	2800	2900	12.42	20.39	POBRE
30	2900	3000	6.11	17.78	POBRE
31	3000	3100	4.56	9.25	NO SATISFACTORIO

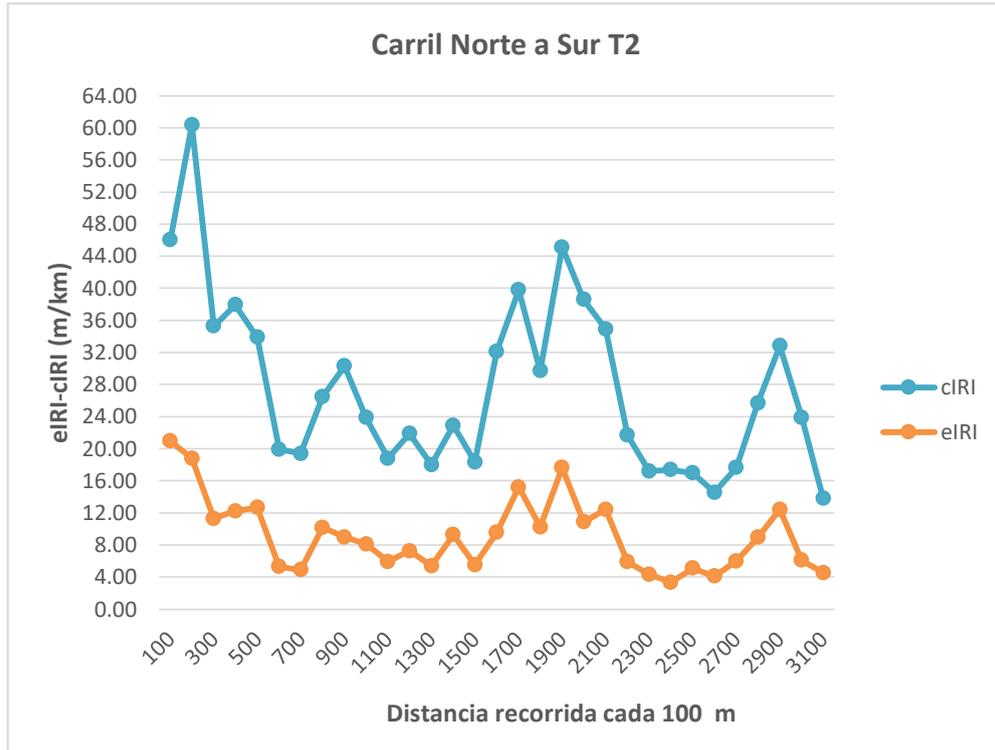


Figura 33. eIRI y cIRI del tramo 2 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 32 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 10. Resultado de los datos recolectados del tramo 2 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T2	Bueno	0	0	49.19	9.15
	Satisfactorio	1	3.23		
	No satisfactorio	6	19.35		
	Pobre	24	77.42		

Descripción: La Tabla 10 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 2 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 24 puntos, no satisfactorio con 6 puntos, satisfactorio 1 punto, y bueno con 0 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 1 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre con un promedio eIRI de 9.15 (m/km).

Conclusión – Tramo 2 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de > 5.4m/km para que un pavimento se encuentre en un estado pobre. Y, dado que, el tramo 2 de la Panamericana Sur (Ica), tiene

un promedio eIRI de 9.15 (m/km); se concluye que, el tramo 2 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre.

Tabla 11. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 3 de la Panamericana Sur (Ica).

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	eIRI	cIRI	CONDICIÓN DE VIA SEGÚN ROADROID
1	0	100	6.35	14.59	POBRE
2	100	200	10.04	15.85	POBRE
3	200	300	9.3	15.44	POBRE
4	300	400	10.06	19.14	POBRE
5	400	500	9.49	29.41	POBRE
6	500	600	3.21	10.33	SATISFACTORIO
7	600	700	6.63	13.41	POBRE
8	700	800	9.83	14.74	POBRE
9	800	900	5.52	14.27	POBRE
10	900	1000	5.88	14.75	POBRE
11	1000	1100	9.24	17.27	POBRE
12	1100	1200	6.55	18.01	POBRE
13	1200	1300	8.03	20.06	POBRE
14	1300	1400	7.35	22.69	POBRE
15	1400	1500	6.19	13.69	POBRE
16	1500	1600	6.17	15.75	POBRE
17	1600	1700	6.26	13.14	POBRE
18	1700	1800	7.21	16.41	POBRE
19	1800	1900	7.23	18.72	POBRE
20	1900	2000	6.63	17	POBRE

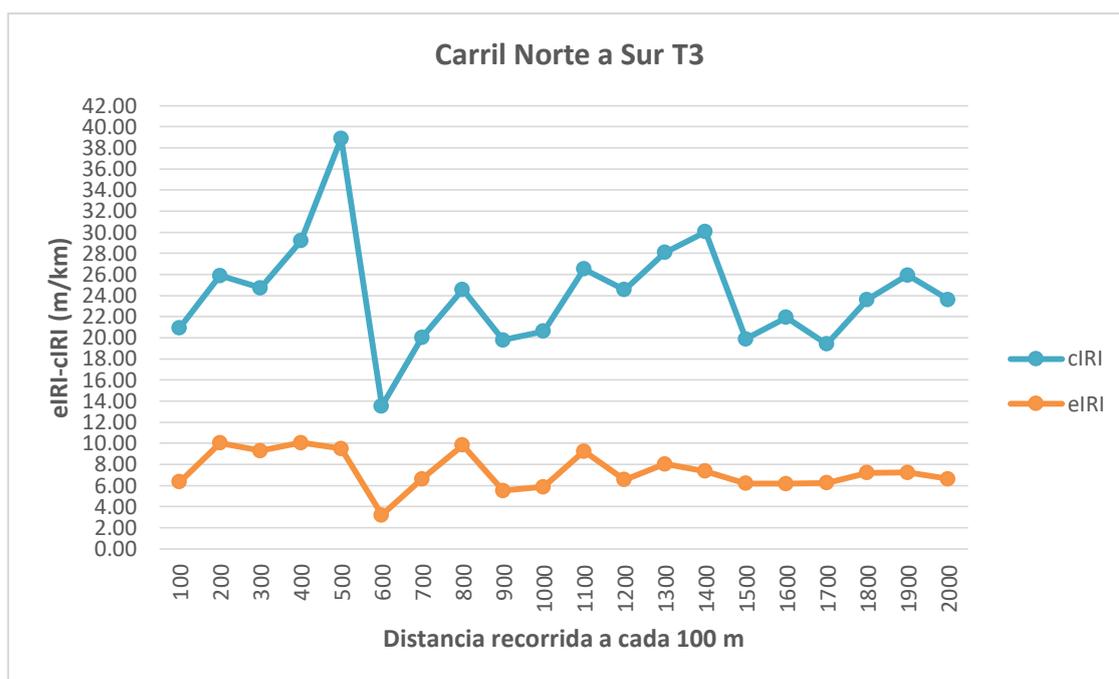


Figura 34. eIRI y cIRI del tramo 3 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 33 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 12. Resultado de los datos recolectados del tramo 3 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur	Bueno	0	0	59.22	7.41	16.85
	Satisfactorio	1	5			
	No satisfactorio	0	0			
	Pobre	19	95			
	Total	20	100			

Descripción: La Tabla 12 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 3 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 19 puntos, no satisfactorio con 0 puntos, satisfactorio 1 punto, y bueno con 0 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 3 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre con un promedio eIRI de 7.41 (m/km).

Conclusión – Tramo 3 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de > 5.4m/km para que un pavimento se encuentre

en un estado pobre. Y, dado que, el tramo 3 de la Panamericana Sur (Ica), tiene un promedio eIRI de 7.41 (m/km) ; se concluye que, el tramo 3 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre.

Tabla 13. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 4 de la Panamericana Sur (Ica)

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	eIRI	cIRI	CONDICIÓN DE VIA SEGÚN ROADROID
1	0	100	16.37	21.36	POBRE
2	100	200	13.58	22.96	POBRE
3	200	300	16.33	23.80	POBRE
4	300	400	16.99	20.21	POBRE
5	400	500	12.43	21.34	POBRE
6	500	600	6.17	13.18	POBRE
7	600	700	11.90	20.95	POBRE
8	700	800	10.13	19.35	POBRE
9	800	900	9.27	21.93	POBRE
10	900	1000	8.33	17.20	POBRE
11	1000	1100	11.40	21.38	POBRE
12	1100	1200	8.20	20.24	POBRE
13	1200	1300	5.23	15.76	NO SATISFACTORIO
14	1300	1400	7.34	17.61	POBRE
15	1400	1500	9.32	19.83	POBRE
16	1500	1600	11.17	18.62	POBRE
17	1600	1700	12.23	20.08	POBRE
18	1700	1800	9.28	20.05	POBRE
19	1800	1900	8.24	19.73	POBRE
20	1900	2000	5.83	15.90	POBRE
21	2000	2100	16.19	32.53	POBRE
22	2100	2200	18.19	41.04	POBRE
23	2200	2300	16.86	33.08	POBRE
24	2300	2400	23.98	50.04	POBRE
25	2400	2500	12.38	32.35	POBRE
26	2500	2600	11.96	23.74	POBRE
27	2600	2700	7.71	18.57	POBRE
28	2700	2800	14.05	18.20	POBRE
29	2800	2900	21.74	40.81	POBRE
30	2900	3000	15.89	32.79	POBRE
31	3000	3100	9.57	29.16	POBRE
32	3100	3200	13.60	28.00	POBRE
33	3200	3300	15.61	32.01	POBRE
34	3300	3400	11.59	22.98	POBRE
35	3400	3500	10.79	23.72	POBRE
36	3500	3600	10.49	23.17	POBRE

37	3600	3700	12.87	26.77	POBRE
38	3700	3800	13.82	23.57	POBRE
39	3800	3900	14.25	28.52	POBRE
40	3900	4000	13.27	26.56	POBRE
41	4000	4100	8.47	16.99	POBRE
42	4100	4200	7.63	20.95	POBRE
43	4200	4300	10.80	24.05	POBRE
44	4300	4400	13.43	22.52	POBRE
45	4400	4500	12.80	30.71	POBRE
46	4500	4600	8.60	23.42	POBRE
47	4600	4700	11.88	25.94	POBRE
48	4700	4800	13.08	23.88	POBRE
49	4800	4900	14.26	22.42	POBRE
50	4900	5000	16.70	32.41	POBRE
51	5000	5100	14.42	27.40	POBRE
52	5100	5200	15.81	31.20	POBRE
53	5200	5300	14.69	30.04	POBRE
54	5300	5400	17.76	34.46	POBRE
55	5400	5500	16.85	29.23	POBRE
56	5500	5600	18.38	36.91	POBRE
57	5600	5700	15.82	31.95	POBRE
58	5700	5800	13.14	27.83	POBRE
59	5800	5900	13.02	25.98	POBRE
60	5900	6000	19.93	34.94	POBRE
61	6000	6100	16.44	31.39	POBRE
62	6100	6200	14.68	31.69	POBRE
63	6200	6300	12.70	28.78	POBRE
64	6300	6400	17.73	34.92	POBRE
65	6400	6500	18.45	43.18	POBRE
66	6500	6600	15.89	32.10	POBRE
67	6600	6700	10.70	26.54	POBRE
68	6700	6800	15.95	30.52	POBRE
69	6800	6900	21.76	42.25	POBRE
70	6900	7000	28.04	48.28	POBRE
71	7000	7100	22.96	44.63	POBRE
72	7100	7200	13.32	32.13	POBRE
73	7200	7300	15.59	33.55	POBRE
74	7300	7400	10.79	22.06	POBRE
75	7400	7500	13.47	25.18	POBRE
76	7500	7600	14.01	29.79	POBRE
77	7600	7700	13.60	26.28	POBRE

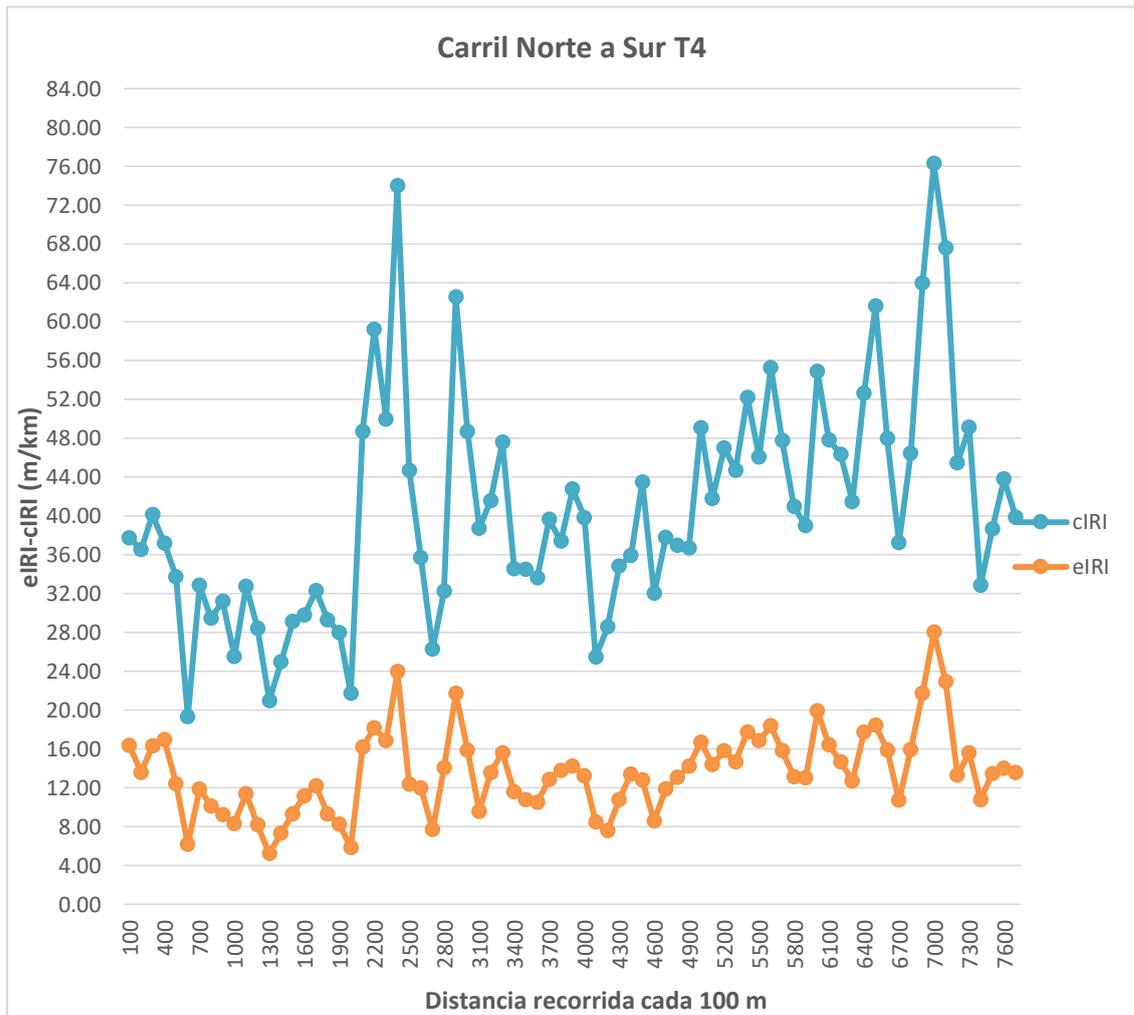


Figura 35. eIRI y cIRI del tramo 4 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 34 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 14. Resultado de los datos recolectados del tramo 4 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T4	Bueno	0	0	53.31	16.26	32.85
	Satisfactorio	0	0			
	No satisfactorio	1	1.30			
	Pobre	76	98.70			
	Total	77	100			

Descripción: La Tabla 14 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 4 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 76 puntos, no satisfactorio con 1 puntos, satisfactorio 0 punto, y bueno con 0 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 4 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre con un promedio eIRI de 16.25 (m/km).

Conclusión – Tramo 4 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de > 5.4m/km para que un pavimento se encuentre en un estado pobre. Y, dado que, el tramo 4 de la Panamericana Sur (Ica), tiene un promedio eIRI de 16.25 (m/km); se concluye que, el tramo 4 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre.

Tabla 15. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 5 de la Panamericana Sur (Ica).

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	eIRI	cIRI	CONDICIÓN DE VIA SEGÚN ROADROID
1	0	100	10.07	11.69	POBRE
2	100	200	9.44	17.86	POBRE
3	200	300	5.79	13.73	NO SATISFACTORIO
4	300	400	11.06	19.61	POBRE
5	400	500	10.14	22.83	POBRE
6	500	600	13.06	29.66	POBRE
7	600	700	14.91	30.74	POBRE
8	700	800	12.35	29.4	POBRE
9	800	900	9.82	21.63	POBRE
10	900	1000	12.03	25.54	POBRE
11	1000	1100	20.74	37.95	POBRE
12	1100	1200	18.37	31.65	POBRE
13	1200	1300	11.79	31.22	POBRE
14	1300	1400	12.97	28.78	POBRE
15	1400	1500	16.86	35.68	POBRE
16	1500	1600	16.02	36.36	POBRE
17	1600	1700	19.74	38.85	POBRE
18	1700	1800	19.11	31.37	POBRE
19	1800	1900	18.48	39.63	POBRE
20	1900	2000	16.27	35.35	POBRE
21	2000	2100	15.8	38.48	POBRE
22	2100	2200	15.81	36.28	POBRE
23	2200	2300	15.76	34.41	POBRE

24	2300	2400	20.51	33.77	POBRE
25	2400	2500	13.05	33.48	POBRE
26	2500	2600	19.74	34.37	POBRE
27	2600	2700	16.64	30.27	POBRE
28	2700	2800	17.87	30.43	POBRE
29	2800	2900	19.66	38.34	POBRE
30	2900	3000	16.91	30.27	POBRE
31	3000	3100	17.16	31.89	POBRE
32	3100	3200	8.82	19.54	POBRE
33	3200	3300	12.15	21.94	POBRE
34	3300	3400	14.06	29.22	POBRE
35	3400	3500	10.82	26.92	POBRE
36	3500	3600	10.98	29.34	POBRE
37	3600	3700	15.9	31.05	POBRE
38	3700	3800	16.08	31.96	POBRE
39	3800	3900	17.13	41.44	POBRE
40	3900	4000	13.2	36.7	POBRE
41	4000	4100	19.61	41.06	POBRE
42	4100	4200	23.98	46.1	POBRE
43	4200	4300	16.8	42.49	POBRE
44	4300	4400	16.34	32.51	POBRE
45	4400	4500	16.9	37.59	POBRE
46	4500	4600	25.28	39.26	POBRE
47	4600	4700	18.37	39.27	POBRE
48	4700	4800	15.24	30.61	POBRE
49	4800	4900	20.73	41.63	POBRE
50	4900	5000	26.37	46.53	POBRE
51	5000	5100	28.22	57.01	POBRE
52	5100	5200	22.81	43.17	POBRE
53	5200	5300	25.72	49.96	POBRE
54	5300	5400	20.88	40.84	POBRE
55	5400	5500	18.06	38.12	POBRE
56	5500	5600	9.55	24.7	POBRE
57	5600	5700	7.04	18.07	POBRE
58	5700	5800	6.22	13.96	POBRE

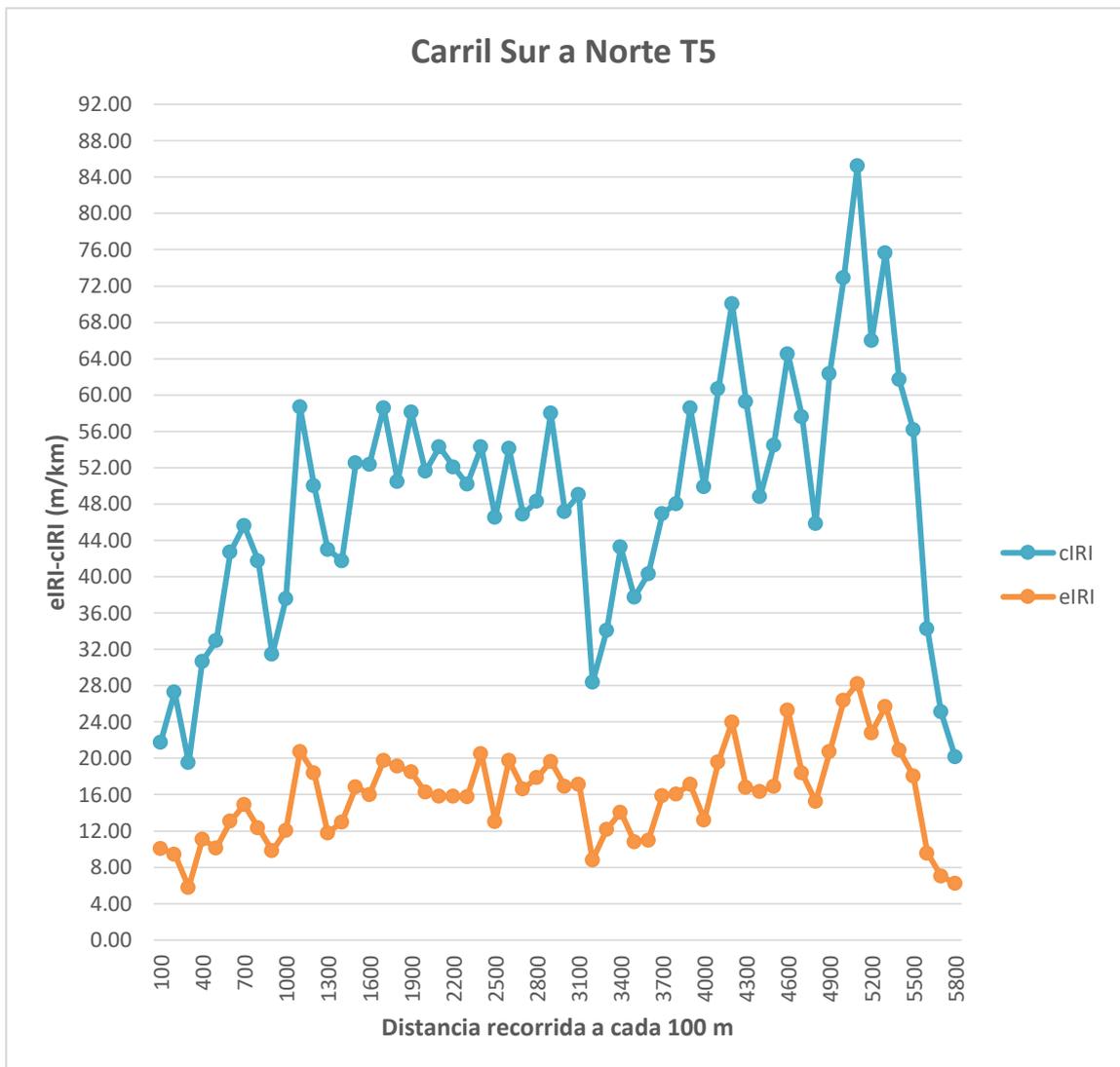


Figura 36. eIRI y cIRI del tramo 5 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 35 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 16. Resultado de los datos recolectados del tramo 5 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	clRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T5	Bueno	0	0	54.21	18.49	37.87
	Satisfactorio	0	0			
	No satisfactorio	1	1.72			
	Pobre	57	98.28			
	Total	58	100			

Descripción: La Tabla 16 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 5 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 57 puntos, no satisfactorio con 1 puntos, satisfactorio 0 punto, y bueno con 0 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 5 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre con un promedio eIRI de 18.49 (m/km).

Conclusión – Tramo 5 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de > 5.4m/km para que un pavimento se encuentre en un estado pobre. Y, dado que, el tramo 5 de la Panamericana Sur (Ica), tiene un promedio eIRI de 18.49 (m/km) ; se concluye que, el tramo 5 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre.

Tabla 17. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 6 de la Panamericana Sur (Ica).

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	eIRI	cIRI	CONDICIÓN DE VIA SEGÚN ROADROID
1	0	100	9.18	15.33	POBRE
2	100	200	6.14	13.54	POBRE
3	200	300	10.67	16.58	POBRE
4	300	400	22.89	42.27	POBRE
5	400	500	16.67	33.14	POBRE
6	500	600	13.67	29.28	POBRE
7	600	700	17.6	29.19	POBRE
8	700	800	24.41	44.46	POBRE
9	800	900	12.75	30.96	POBRE
10	900	1000	5.41	12.46	POBRE
11	1000	1100	13.07	20.05	POBRE
12	1100	1200	15.37	36.7	POBRE
13	1200	1300	7.25	24.04	POBRE
14	1300	1400	11.19	23.5	POBRE
15	1400	1500	10.59	19.68	POBRE
16	1500	1600	17.65	29.57	POBRE
17	1600	1700	10.66	21.6	POBRE
18	1700	1800	5.25	14.79	NO SATISFACTORIO
19	1800	1900	8.11	16.41	POBRE
20	1900	2000	8.51	12.34	POBRE
21	2000	2100	11.22	21.61	POBRE
22	2100	2200	5.02	13.94	NO SATISFACTORIO
23	2200	2300	5.39	13.36	NO SATISFACTORIO
24	2300	2400	8.7	17.94	POBRE
25	2400	2500	8.46	16.77	POBRE
26	2500	2600	8.23	18.71	POBRE
27	2600	2700	10.62	19.55	POBRE
28	2700	2800	10.71	18.99	POBRE
29	2800	2900	9.41	16.96	POBRE
30	2900	3000	11.18	16.96	POBRE
31	3000	3100	13.17	21.8	POBRE
32	3100	3200	8.46	15.6	POBRE

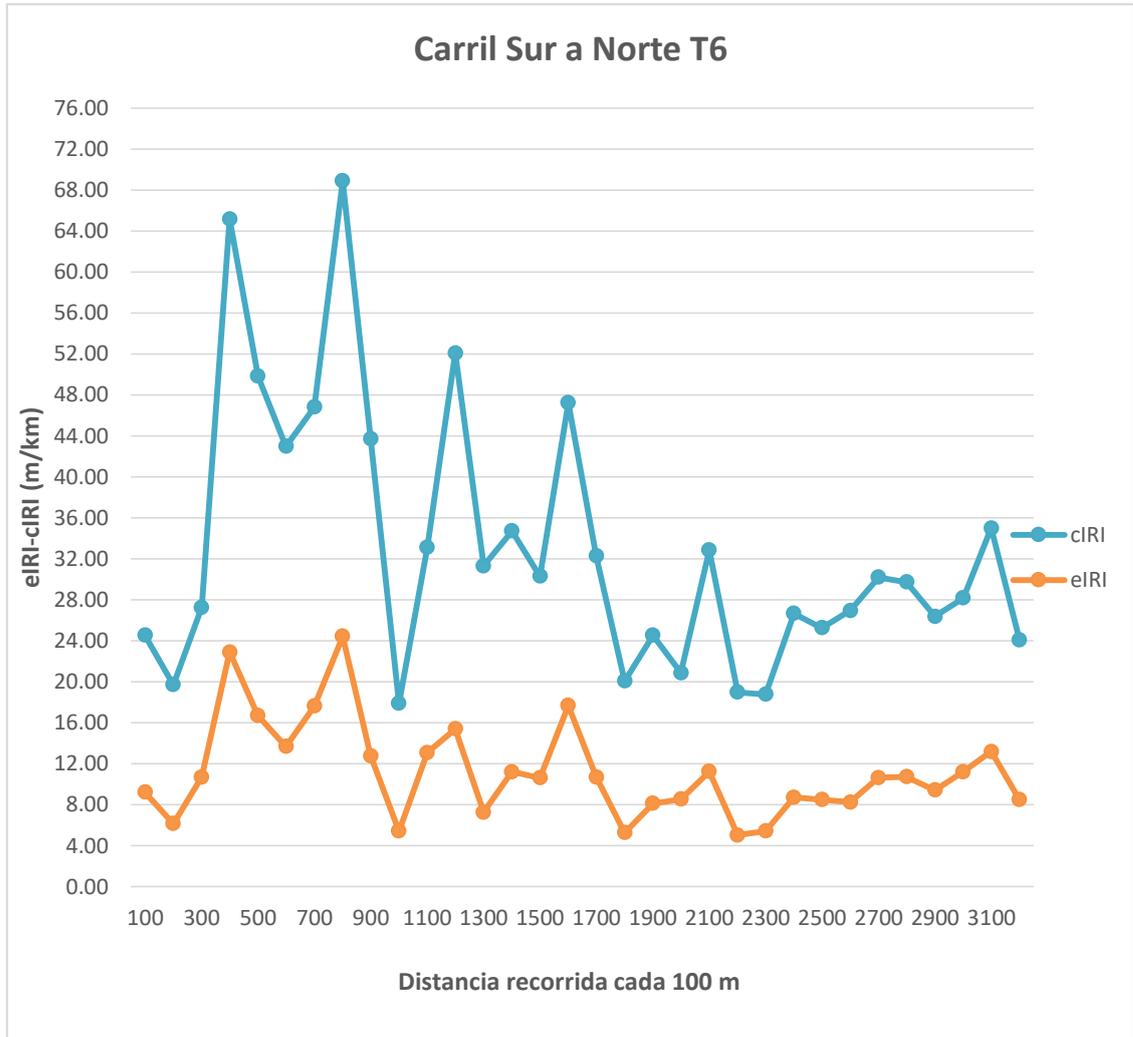


Figura 37. eIRI y cIRI del tramo 6 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 36 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 18. Resultado de los datos recolectados del tramo 6 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condicion del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T6	Bueno	0	0	45.16	9.61	18.43
	Satisfactorio	0	0			
	No satisfactorio	3	9.38			
	Pobre	29	90.63			
	Total	32	100			

Descripción: La Tabla 18 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 6 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 29 puntos, no satisfactorio con 3 puntos, satisfactorio 0 punto, y bueno con 0 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 1 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre con un promedio eIRI de 9.61 (m/km).

Conclusión – Tramo 6 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de > 5.4m/km para que un pavimento se encuentre en un estado pobre. Y, dado que, el tramo 6 de la Panamericana Sur (Ica), tiene un promedio eIRI de 9.61 (m/km); se concluye que, el tramo 6 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre.

Tabla 19. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 7 de la Panamericana Sur (Ica).

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	eIRI	cIRI	CONDICIÓN DE VIA SEGÚN ROADROID
1	0	100	11.74	19.11	POBRE
2	100	200	7.73	17.91	POBRE
3	200	300	8.45	17.5	POBRE
4	300	400	7.32	17.96	POBRE
5	400	500	6.29	15.22	POBRE
6	500	600	6.86	16.06	POBRE
7	600	700	2.71	8.52	SATISFACTORIO
8	700	800	5.19	12.04	NO SATISFACTORIO
9	800	900	9.44	14.31	POBRE
10	900	1000	5.33	15.02	NO SATISFACTORIO
11	1000	1100	4.38	10.57	NO SATISFACTORIO
12	1100	1200	8.69	14.51	POBRE
13	1200	1300	19.84	32.08	POBRE
14	1300	1400	15.71	38.08	POBRE
15	1400	1500	14.72	33.63	POBRE
16	1500	1600	9.02	20.45	POBRE
17	1600	1700	10.01	20.94	POBRE
18	1700	1800	10.97	20.22	POBRE
19	1800	1900	11.35	23.56	POBRE
20	1900	2000	9.05	18.96	POBRE
21	2000	2100	9.79	17.61	POBRE
22	2100	2200	10.13	20.81	POBRE
23	2200	2300	11.73	18.57	POBRE
24	2300	2400	15.31	24.91	POBRE
25	2400	2500	15.72	19.78	POBRE
26	2500	2600	15.95	27.65	POBRE
27	2600	2700	8.69	18.73	POBRE
28	2700	2800	8.22	15.84	POBRE
29	2800	2900	10.8	20.47	POBRE
30	2900	3000	13.21	23.34	POBRE
31	3000	3100	11.71	23.69	POBRE
32	3100	3200	13.3	28.58	POBRE
33	3200	3300	13.22	25.05	POBRE
34	3300	3400	12.1	24.6	POBRE

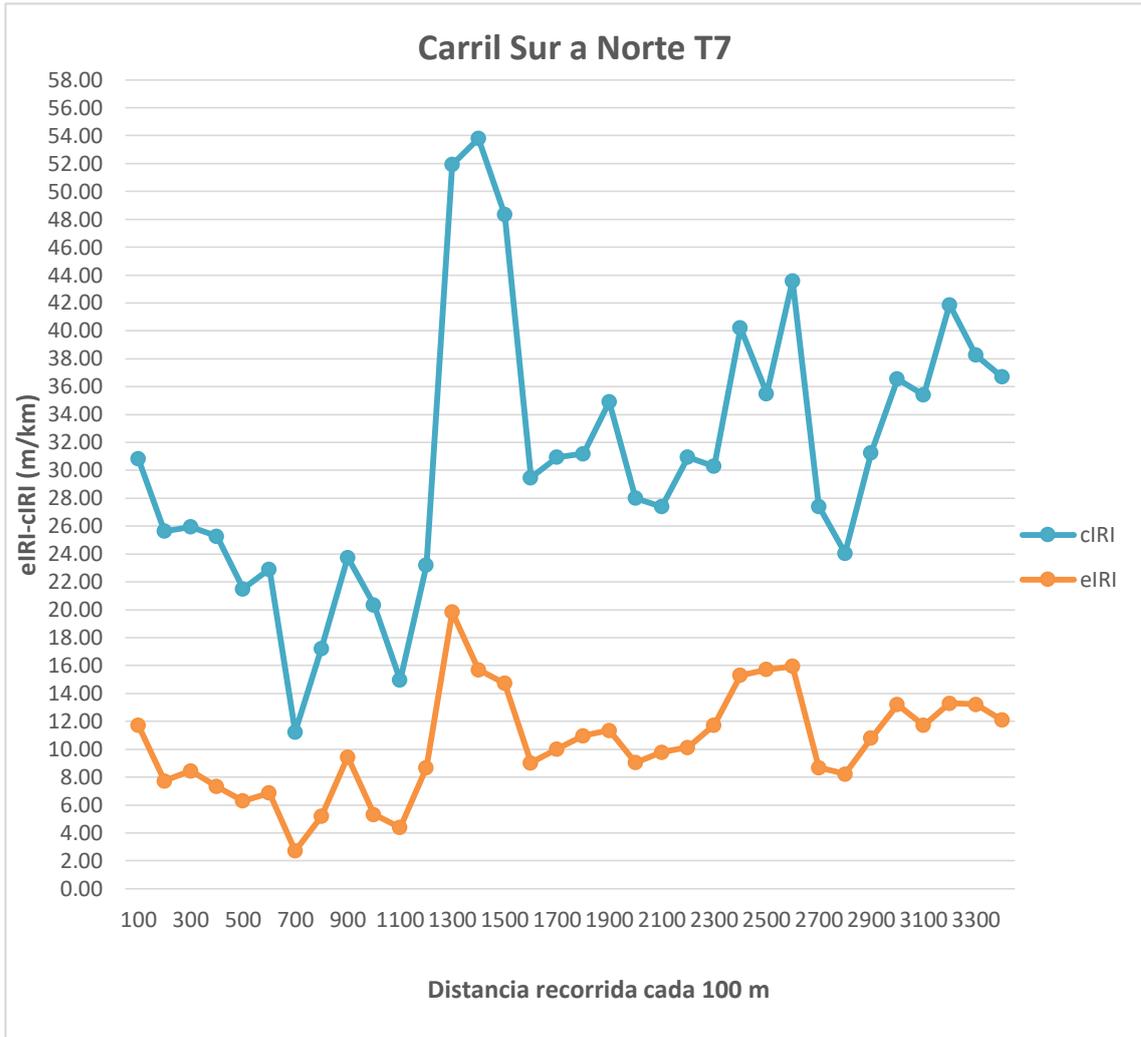


Figura 38. eIRI y cIRI del tramo 7 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 37 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 20. Resultado de los datos recolectados del tramo 7 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condicion del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T7	Bueno	0	0	47.01	11.59	21.78
	Satisfactorio	1	2.94			
	No satisfactorio	3	8.82			
	Pobre	30	88.24			
	Total	34	100			

Descripción: La Tabla 20 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 7 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 30 puntos, no satisfactorio con 3 puntos, satisfactorio 1 punto, y bueno con 0 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 7 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre con un promedio eIRI de 11.59 (m/km).

Conclusión – Tramo 7 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de > 5.4m/km para que un pavimento se encuentre en un estado pobre. Y, dado que, el tramo 7 de la Panamericana Sur (Ica), tiene un promedio eIRI de 11.59 (m/km) ; se concluye que, el tramo 7 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado pobre.

Tabla 21. Resultados eIRI y cIRI del aplicativo Roadroid – tramo 8 de la Panamericana Sur (Ica).

N° DE PUNTOS	INICIO	FIN	eIRI	cIRI	CONDICIÓN DE VIA SEGÚN ROADROID
1	0	100	4.36	6.5	POBRE
2	100	200	4.19	12.45	POBRE
3	200	300	3.34	9.24	POBRE
4	300	400	7.25	13.62	POBRE
5	400	500	2.83	8.5	POBRE
6	500	600	2.86	9.93	POBRE
7	600	700	3.66	7.34	NO SATISFACTORIO
8	700	800	4.11	9.67	NO SATISFACTORIO
9	800	900	2.34	6.97	SATISFACTORIO
10	900	1000	2.66	8.42	SATISFACTORIO
11	1000	1100	1.63	8.78	BUENO
12	1100	1200	4.34	8.79	NO SATISFACTORIO
13	1200	1300	4.14	12.23	NO SATISFACTORIO
14	1300	1400	3.52	13.25	SATISFACTORIO
15	1400	1500	4.67	13.97	NO SATISFACTORIO
16	1500	1600	6.61	18.39	POBRE
17	1600	1700	2.89	11.39	SATISFACTORIO
18	1700	1800	4.06	11.84	NO SATISFACTORIO
19	1800	1900	2.36	12.01	SATISFACTORIO
20	1900	2000	4.69	12.95	NO SATISFACTORIO
21	2000	2100	2.57	11.09	SATISFACTORIO
22	2100	2200	3.97	11.71	SATISFACTORIO
23	2200	2300	2.99	14.72	SATISFACTORIO
24	2300	2400	2.3	8.69	SATISFACTORIO
25	2400	2500	4.6	15.65	NO SATISFACTORIO
26	2500	2600	3.39	9.93	SATISFACTORIO
27	2600	2700	5.57	13.57	POBRE
28	2700	2800	6.42	18.6	POBRE
29	2800	2900	2.34	9.68	SATISFACTORIO
30	2900	3000	3.55	11.27	SATISFACTORIO
31	3000	3100	2.42	9.79	SATISFACTORIO

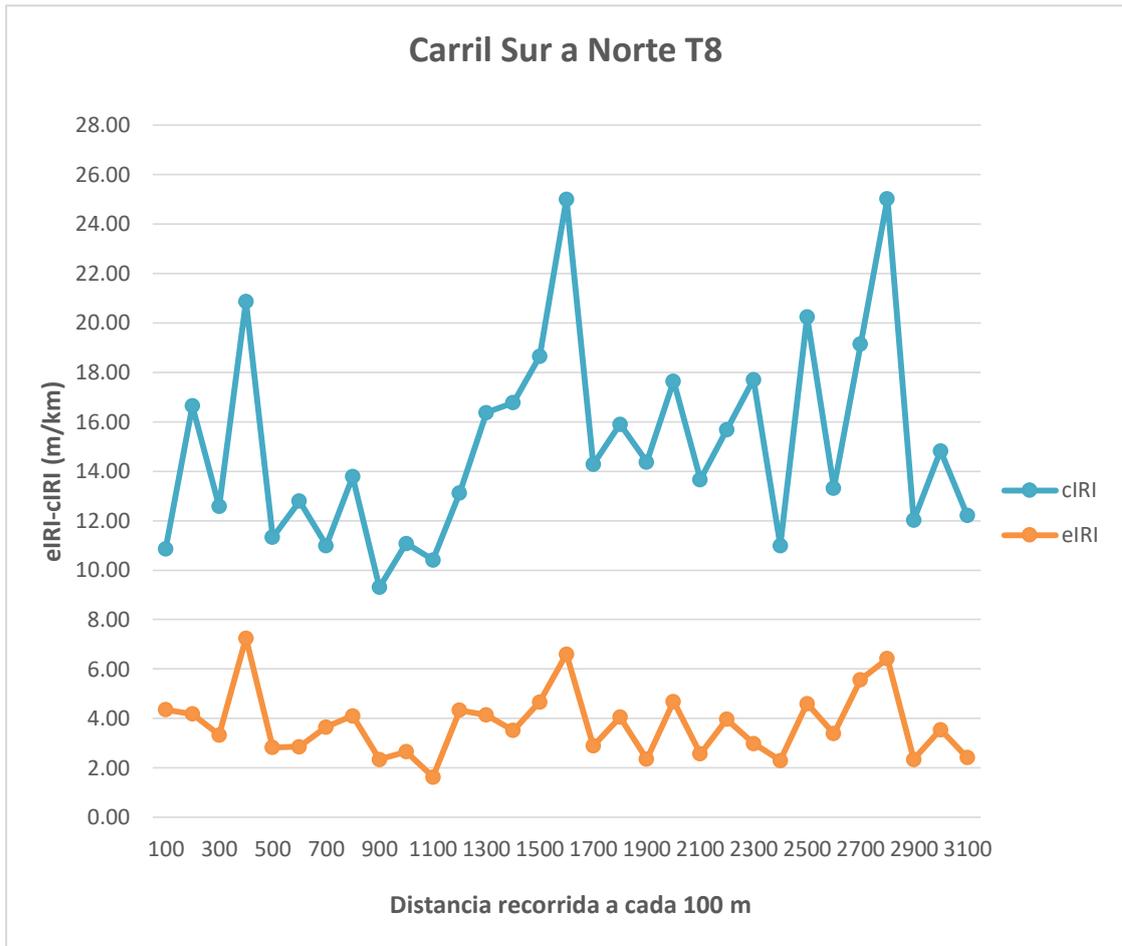


Figura 39. eIRI y cIRI del tramo 8 de la Panamericana Sur, Ica.

Descripción: La Figura 38 muestra los resultados eIRI y cIRI obtenidos con el instrumento. Los datos eIRI y cIRI son idénticos. Es el producto de la velocidad de movimiento y el número de puntos anotados por cada 100 m.

Tabla 22. Resultado de los datos recolectados del tramo 8 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condicion del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T7	Bueno	1	3.23	58.75	3.85	12.67
	Satisfactorio	13	41.94			
	No satisfactorio	8	25.81			
	Pobre	9	29.03			
	Total	31	100.00			

Descripción: La Tabla 22 es parte de la certificación del instrumento, que se utilizó para evaluar el tramo 8 de la Panamericana Sur, Ica. En esta tabla se detalla la condición del pavimento mostrando un estado pobre con 9 puntos, no satisfactorio con 8 puntos, satisfactorio 13 puntos, y bueno con 0 puntos. Por lo que, se determinó que el tramo 8 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado satisfactorio con un promedio eIRI de 3.85 (m/km).

Conclusión – Tramo 8 de la Panamericana Sur (Ica): Según el aplicativo Roadroid, fija un parámetro de 2.2- 3.8 m/km para que un pavimento se encuentre en un estado satisfactorio. Y, dado que, el tramo 8 de la Panamericana Sur (Ica), tiene un promedio eIRI de 3.85 (m/km) ; se concluye que, el tramo 8 de la Panamericana Sur (Ica), se encuentra en un estado satisfactorio.

4.2.1.2. Con relación al objetivo específico: 2. Diagnosticar el Índice Roadroid mediante un teléfono móvil, para determinar el índice Roadroid del pavimento en tramos de la panamericana sur Ica.

Los resultados que se obtuvieron en los 8 tramos evaluados fueron, un eIRI de 11.12 m/km, este valor se acerca más la textura y rugosidad del pavimento y un cIRI de 23.01 m/km, estos resultados son el promedio de todos los valores del eIRI y cIRI de los tramos estudiados, de los 8 tramos estudiados el valor más bajo lo tiene el tramo 8 con un eIRI de 3.85 m/km y el valor más alto lo tiene el tramo 5 con un valor eIRI de 18.49 m/km (ver tabla 4: Promedio final del eIRI y cIRI de las avenidas evaluadas)

Tabla 23. Promedio del eIRI y cIRI de todos los tramos evaluados en la Panamericana Sur, Ica.

N°	Nombre	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Prom (m/km)
1	Carril Norte a Sur T1	50.50	12.61	25.20
2	Carril Norte a Sur T2	49.19	9.15	18.44
3	Carril Norte a Sur T3	59.22	7.41	16.85
4	Carril Norte a Sur T4	53.31	16.26	32.85
5	Carril Sur a Norte T5	54.21	18.49	37.87
6	Carril Sur a Norte T6	45.16	9.61	18.43
7	Carril Sur a Norte T7	47.01	11.59	21.78
8	Carril Sur a Norte T8	58.75	3.85	12.67
Total		50.36	11.12	23.01

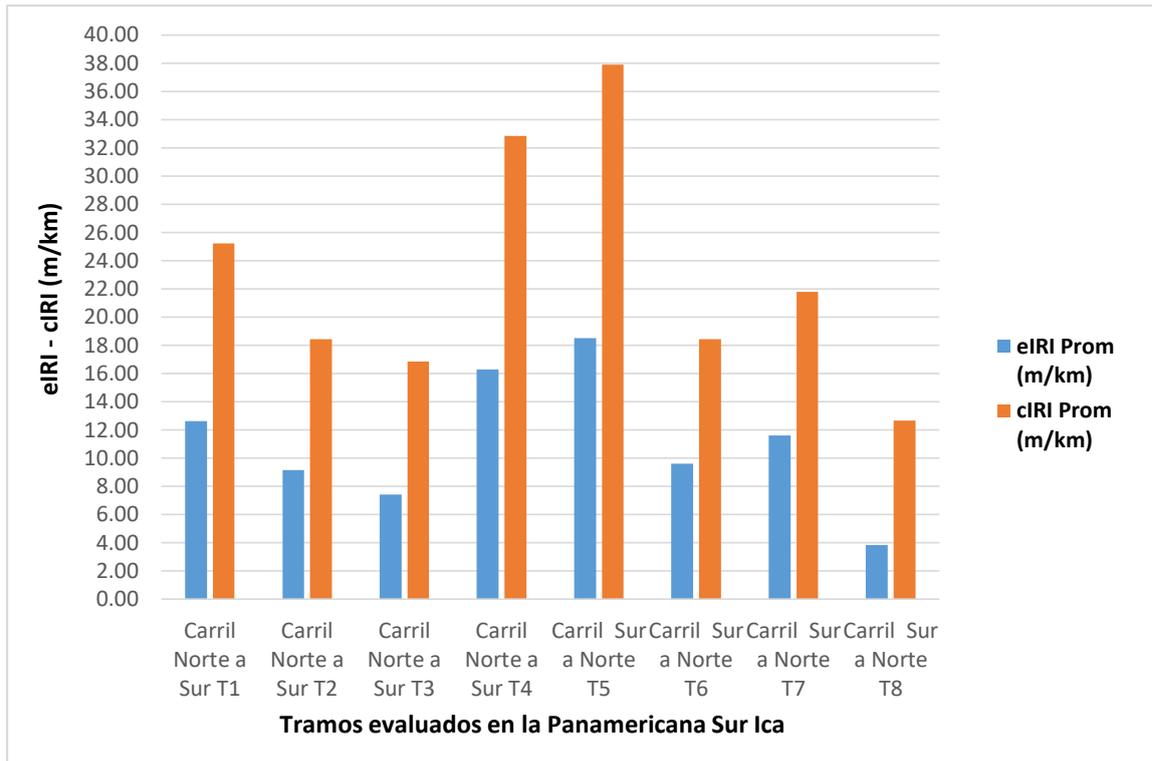


Figura 40. Relación del eIRI y cIRI de todos los tramos evaluados en la Panamericana Sur, Ica.

4.2.1.3. Con relación al objetivo específico: 3. Contrastar los parámetros calculados de la rugosidad del pavimento en tramos de la panamericana sur Ica.

La norma peruana estipula que en la fabricación del pavimento siempre existen límites a la tolerancia y control de las capas de asfalto, lisura, rugosidad, espesor y compactación del pavimento. Por ende, los 8 tramos evaluados en la panamericana sur deben cumplir con los parámetros y técnicas de la norma. La norma CE: 010 para aceras urbanas ha fijado un valor máximo de 2,5 m / km, por lo que ninguno de los tramos examinados cumplía con este parámetro. Tome como el valor más bajo del tramo 8 con un eIRI de 3.85 m/km y llegando hasta a un valor más alto del tramo 5 con un valor eIRI de 18.49 m/km, se puede concluir que estos tramos están destinados a un mantenimiento regular. La calidad y viabilidad del transporte pueden ayudar a mantener el orden de los vehículos. En esta investigación se ha evaluado ambos carriles con una longitud de 28.60 km, el cual se ha ejecutado el diagnóstico en proceso y tiempo de la investigación.

V. DISCUSIÓN

La discusión tiene como objetivo analizar los resultados del diagnóstico IRI de la Panamericana Sur (Ica), una de las autopistas más transitadas e importantes de la región, los mismos que se referirán comparativamente a los resultados, teorías y antecedentes que sustentan este trabajo.

En ese sentido, los resultados de evaluar el IRI mediante el sistema Roadroid se aproximan a los de Mohammed (2018), quien sostiene que, si la aplicación de teléfono inteligente Android es implementado por las agencias de construcción, ayudará a predecir el desempeño del pavimento y, a proteger un mayor deterioro de las carreteras con una planificación financiera y un presupuesto prematuros. Según indica Mohammed (2018), Roadroid es útil para evaluar la rugosidad de los pavimentos.

También, los resultados IRI mediante el sistema Roadroid coinciden con los del investigador Almeida (2018), quien encontró que, el uso de la aplicación SmartIRI desarrollada puede ser una alternativa viable, especialmente en lugares donde existen pocos recursos económicos, materiales o profesionales para tal fin y, sobre todo, cuando se aplica a nivel de red.

Además, los resultados del IRI utilizando el sistema Roadroid son consistentes con los hallazgos del investigador Chávez y Peñarreta (2019). Como resultado, la rugosidad de la carretera detectada varió en 4,8 m / km y se clasificó como pavimento viejo y degradado. El modelo obtenido entre PCI y elIRI obtuvo una correlación de 0,79, mostrando una relación lineal muy inversa entre ellos. Esto significa que PCI está asociado con texturas de pavimento rígido.

En Guatemala, Román (2020) en su trabajo de investigación, en la carretera CA-9 Sur, tramo de la autovía Pallín - Escuintla, los resultados de la medición del IRI se encuentran dentro del rango ideal esperado. Los valores de IRI para el carril 5 indican una superficie de rodadura adecuada. El primer sub tramo es el de mayor resultado del tramo con un promedio de 2,60 m / km. La cuarta subsección es, en cambio, la que presenta los mejores resultados de IRI, con un promedio de menos de 1,73 m /

km. En conclusión, el tramo en cuestión, Palín - Escuintla, registra un rango promedio de 1.41-12,73 m / km, con lo que se determina que el estado del pavimento es bueno.

Asimismo, a nivel nacional, los resultados del IRI a través del sistema Roadroid están en concordancia con los resultados de los investigadores de Bocanegra (2020) que analizaron el índice internacional de rugosidad y tránsito vehicular por Trujillo, lo que resultó en que, las pistas de la Avenida España presentaran un IRI mayor a 7 en ambos sentidos, finalizando en la presencia de depresiones que son fáciles en la carretera, y para evitar la carretera entre 2,3 mm / m y 2,7 mm / m, y concluye que el estado reflejaría un buen grado de conservación pero con atención.

En Cusco, los investigadores Mozo y Quispe (2019) utilizando técnicas de adquisición de datos de instrumentación de ingeniería (el método del índice de condición del pavimento, que proporciona un valor numérico de la condición real del pavimento flexible. Y, 2. El método Roadroid, que mide el índice de servicio) obtuvieron de los 8,27 km de calzada, los siguientes resultados: un PCI = 22,87; Significa un estado "muy malo" de la banda de rodadura blanda del pavimento, según el rango de calificación de la metodología PCI. Además, con la aplicación Roadroid, obtuvieron los siguientes valores del índice de servicio actual (PSI): PSI = 2814 (dirección hacia afuera) y PSI = 2813 (dirección hacia atrás); significa una condición con una calificación de servicio "regular".

También, en Lima, se encontró a otro investigador que creía que el IRI podría evaluarse a través del sistema Roadroid. Ramírez (2017), encontró que, el tramo Huarmey - Casma de la Carretera Panamericana Norte, se encontraba en un estado bueno y satisfactorio; Resultados obtenidos aplicando el Sistema Roadroid a ese índice (RI).

En tal sentido este estudio investigativo se dio con el objetivo de aplicar el método Roadroid mediante un Smartphone para la determinación del índice de rugosidad del pavimento en tramos de la Panamericana Sur, Ica, cumpliendo con los parámetros unidades, medidas de evaluación y lo establecido en la Norma Técnica Peruana CE.010 quien se encarga de supervisar, regular y sancionar la calidad del pavimento.

La evaluación que se realizó aplicando el método Roadroid en esta investigación,

específicamente en tramos de la carretera Panamericana Sur, Ica, se obtuvo como resultados diagnósticos muy pobres del pavimento, esto podría deberse a diferentes causas como, mala calidad de los materiales, fallas en el diseño, alto tráfico vehicular y factores climáticos.

Finalmente la evaluación que se dio en esta investigación en comparación con las teorías presentadas, son válidas ya que todas tiene como objetivo diagnosticar el índice de rugosidad del pavimento en unidades IRI (m/km). Cada uno de las teorías mostradas presenta resultados veraces.

Para tal tanto, las pruebas ejecutadas con la aplicación Roadroid (evaluación realizada en la carretera Panamericana Sur, Ica), muestran que este es un método innovador y fácil de usar haciendo una reducción de costos y tiempo.

VI. CONCLUSIONES:

Para el Objetivo General, se concluye que, se logró determinar el índice de rugosidad del pavimento de los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur (Ica), usando el método Roadroid mediante Smartphone, demostrando así, la alta eficacia para diagnosticar los pavimentos en general.

Con relación al objetivo específico: 1. Diagnosticar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento en los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur (Ica)", se concluye que:

Los 8 tramos de la Carretera Panamericana Sur (Ica) se basan en los parámetros del sistema Roadroid y en la legislación (CE.010), determinando que los promedios se encuentran dentro de un estado físico de conservación "no satisfactorio" y "pobre".

Con respecto al objetivo específico: 2. Diagnosticar el Índice Roadroid mediante un teléfono móvil, para determinar el índice Roadroid del pavimento en los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur (Ica)", se concluye que:

En el diagnóstico del IRI o índice de Roadroid, los resultados globales de los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur (Ica) son elevados.

Con relación al objetivo específico: 3. Contrastar los parámetros calculados de la rugosidad del pavimento en los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur (Ica), se concluye que:

La contrastación de resultados obtenidos de los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur (Ica) no cumple con el valor de 2.5 m/km establecido por la Norma Técnica Peruana CE. 010. Asimismo, los 8 tramos de la carretera Panamericana Sur (Ica) requieren de mantenimiento continuo, y, así, puedan cumplir satisfactoriamente con los controles de calidad.

VII. RECOMENDACIONES:

1. Aunque el sistema Roadroid es eficaz y eficiente para evaluar el IRI en términos de tiempo, se recomienda a los futuros investigadores del índice de rugosidad de pavimentos, complementar usando otros métodos además del Roadroid mediante Smartphone, para así demostrar comparativamente su alta eficacia para diagnosticar el índice Internacional de Rugosidad en pavimentos.
2. Sin embargo, se recomienda a los futuros investigadores del índice de rugosidad de pavimentos, utilizar principalmente el método Roadroid, ya que, la recolección de datos se hace con inmediatez y los permisos en el uso de las licencias están vigentes durante un año previo pago, el cual tiene un costo mínimo a comparación de otros métodos utilizados en la evaluación del IRI, otro de los beneficios es que lo puedes solicitar de manera gratuita si son con fines investigativos.
3. Se recomienda a los futuros investigadores del índice de rugosidad de pavimentos, utilizar principalmente el método Roadroid, ya que, Está dentro de los parámetros establecidos en la normativa y normativa para el diagnóstico del IRI de aceras.
4. Finalmente se recomienda a los futuros investigadores, seguir todos los pasos que indican en la guía de usuario para una correcta recolección de datos y monitoreo del IRI, el cual se encuentra en la página web de Roadroid.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR MUÑOZ, Carlos Guillermo y BERNUY DÍAZ, Rodrigo J. Propuesta de un plan de gestión mediante softwares, para la vía urbana de la av. Miguel Iglesias – San Juan de Miraflores – Lima. 2018. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2018. 305 pp.
Disponibile en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3277>

ALARCÓN ALAGÓN, Keith F. Evaluación del estado superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (pci) y su influencia en el confort de servicio del circuito de la explanada de Sacsayhuaman – Cusco. 2018. Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2018. 213 pp.
Disponibile en: <http://190.119.204.72/handle/UAC/1851>

ALMEIDA, Lucas Cavalcante de. Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias. 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) -Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2018. 93 pp.
Disponibile en: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35669>

ALMENARA CUETO, Carlos Ignacio. Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2015. [Consulta: 2 julio 2019]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. 123 pp.
Disponibile en: <https://bit.ly/3fA4V91>

ARANIBAR CENTENO, Mary Cielo y SAAVEDRA BLANCO, Kiara Chaska. Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y El índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la Vía Principal Izcuchaca - Huarcocondo. 2019. Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2019. 131 pp.
Disponibile en: <https://bit.ly/3rwmlCk>

BADILLA VARGAS, Gustavo. Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Infraestructura Vial, vol. 11, nº. 21, pp. 30-37. 2012. ISSN 2215-3705.

BOCANEGRA, L. F. Análisis del Índice de Rugosidad Internacional y volumen de tránsito de los pavimentos comprendidos por los anillos viales de Trujillo, 2020 (Tesis de licenciatura). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2020. 123 pp.
Disponibile en: <https://hdl.handle.net/11537/25255>

CARO, Fernando y PEÑA, Germán. Análisis y criterios para el cálculo del índice de rugosidad internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. Artículo Intekhnia, vol. 7, n°. 1, pp. 57-72, 2012. ISSN: 1900-7612.

Disponible en: <https://bit.ly/3wXDdJh>

CHÁVEZ MENDIETA, Andrés Eduardo y PEÑARRETA TELLO, Leida Yolanda. Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento. 2019. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/288581800>

CONDEZO TORRES, R. L. Análisis del comportamiento funcional y estructural de la carretera Lamas – Pamashto y Bellavista – Ledoy con tratamientos superficiales. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2021. 92 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3864>

DEL ÁGUILA RODRÍGUEZ. Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000 kilómetros de pavimentos en el Perú y otros países. Ponencia presentada al décimo congreso ibero-latinoamericano del asfalto. 1999. PP .1-2. Sevilla, España.

FORSLÖF, Lars y JONES, Hans. Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones. Journal of Civil Engineering and Architecture [en línea]. Vol. 9, pp. 485-496. [Consulta: 2 mayo 2020]. 2015. DOI 10.17265/1934-7359/2015.04.012. Disponible en: <https://bit.ly/3uBe7OG>

HERNÁNDEZ BÁMACA, Juan Carlos. Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos en función a su índice de condición del pavimento (PCI) y criterios de sostenibilidad en tres segmentos del tramo CA-01 Occidente de estación 018+815 a estación 124+200. Masters thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2020. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/14201/>

LA TORRE GAMBOA, Franco Emanuel. “Aplicación del sistema Roadroid utilizando smartphone para diagnosticar la uniformidad superficial del pavimento en el Centro Urbano de Chiclayo”. Universidad César Vallejo [en línea]. S.I. 2018. Trujillo: Universidad César Vallejo, 2018. 461 pp. Disponible en: <https://bit.ly/3y5hqjN>

LAURA HIRPAHUANCA, Deyse . Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cuzco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el Rugosímetro de Merlin - 2016. Tesis (Título de Ingeniero civil) Cuzco: Universidad Andina del Cuzco, 2016. 136 pp. Disponible en: <https://bit.ly/3c3Zz3J>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones.MTC. Manual De Carreteras Mantenimiento O Conservación Vial R.D. N° 08-2014-Mtc/14 Incorporación De Parte Iv Rd N° 05-2016-Mtc/14. [en línea]. 2018.

Disponible en: <https://cutt.ly/YnFrBOe>

MOZO BARRANTES, Wilder Vidal y QUISPE MENDOZA, Arnold Johnny . Evaluación superficial de la condición y serviciabilidad del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) y ROADROID en el circuito humedal Lucre-Huacarpay. 2019. Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2019. 282 pp. Disponible en: <https://bit.ly/3x9m66B>

MOHAMMED, Junaid,. Pavement Performance Measures Using Android-Based Smart Phone Application. 2015. S.l.: s.n., 2015. 108 pp. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3uzYFIY>

MONTOYA GOICOCHEA, Jorge Eduardo. Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú. Universidad de Piura [en línea]. S.l.: Facultad de Ingeniería. Postgrado de Maestrías en Ingeniería. Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial, 2014. 123 pp. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3zulCbG>

NORMA CE.010, 2017. Pavimentos Urbanos. Reglamento Nacional de Edificaciones [en línea]. S.l.: s.n., 2017. pp. 40. ISBN 9789972943355. Disponible en: <https://bit.ly/3rxHYHI>

PRADENA, Mauricio y WOLF , Ewon. Revista de la construcción. Revista de la Construcción [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 21-29. 2006. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3BD0DcN>

RAMÍREZ CASTRO, Brian Steve. Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey - Casma de la carretera Panamericana Norte. Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. 75 pp. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3kVCyVG>

ROADROID. Referencia de proyectos Roadroid. Roadroid [en línea]. S.l.: s.n., 2014. [Consulta: 2 abril 2021].

Disponible en: <https://bit.ly/3uCT3vI>

ROADROID. Essential guide for Roadroid 2-Road Surveys using smartphones Essentials for professionals. 2019. [en línea]. [Consulta: 2 abril 2021].
Disponible en: <https://bit.ly/3x5IHAY>

ROMÁN REYES, Fredí Maxelio. Metodología para el cálculo del índice de Rugosidad Internacional (IRI) y su aplicación en pavimento flexibles de Guatemala. Masters thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2020.106 pp.
Disponible en: <https://bit.ly/3j32Sef>

SANTANA SURICHAQUI, Jhosselyn Kristhina . Propuesta de implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos para la carretera central margen izquierda del km 34 al km 78 basándose en el IRI clase III. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. Huancayo: Universidad Continental, 2020.380 pp.
Disponible en: <https://bit.ly/2V8CvLq>

ANEXO N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "Determinación del índice de rugosidad del pavimento, aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la Panamericana Sur, Ica."

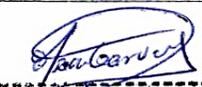
INVESTIGADORA: Br. FANNY SUSAN, OYOLO JIMÉNEZ

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MARCO METODOLÓGICO
<p>Problema Principal:</p> <p>¿Cómo determinar el índice de rugosidad del pavimento aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la Panamericana Sur, Ica?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>1.- ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento en tramos de la carretera panamericana sur, Ica?</p> <p>2. -¿Cuál es el índice Roadroid en tramos de la panamericana sur, Ica, aplicando el método Roadroid mediante un teléfono móvil?</p> <p>3. ¿Cómo contrastar los parámetros calculados de la rugosidad del pavimento en tramos de la panamericana sur, Ica?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar el índice de rugosidad del pavimento aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la panamericana sur, Ica.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>1. Diagnosticar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento en tramos de la carretera panamericana sur, Ica.</p> <p>2. Aplicar el método Roadroid mediante un teléfono móvil, para determinar el Índice Roadroid (IR) del pavimento en tramos de la panamericana sur, Ica.</p> <p>3. Contrastar los parámetros calculados de la rugosidad del pavimento en tramos de la panamericana sur Ica.</p>	<p>No aplica.</p>	<p>Variable única:</p> <p>Rugosidad del pavimento.</p>	<p>Condiciones de la rugosidad del pavimento.</p> <p>Índice de Rugosidad Internacional (IRI).</p> <p>Índice Roadroid.</p> <p>Parámetros.</p>	<p>- Buena (%).</p> <p>- Satisfactoria (%).</p> <p>- No satisfactoria (%).</p> <p>- Pobre (%).</p> <p>- Condiciones del pavimento (m/km).</p> <p>- Velocidad de evaluación (km/h).</p> <p>- IRI estimado (m/km).</p> <p>- IRI calculado (m/km)</p> <p>- Índice de rugosidad nacional (m/km)</p>	<p>•EL ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativo.</p> <p>• MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Científico Inductivo</p> <p>•DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: M → O No experimental, Descriptiva –Transversal</p> <p>•TIPO DE INVESTIGACIÓN: Básica</p> <p>•NIVEL DE INVESTIGACIÓN Descriptivo con propuesta</p> <p>•POBLACIÓN Tramos de la carretera Panamericana Sur, Ica, con 2 carriles de sur a norte y norte a sur.</p> <p>•MUESTRA 8 tramos de 28.60 km de longitud total en la vía panamericana sur, Ica.</p> <p>TECNICAS DE OBTENCIÓN DE DATOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas documentales: Páginas web especializadas, manuales, formatos del sistema Roadroid, artículos científicos de revistas indexadas, guías, mapas. • Técnicas de campo: Laptops, dispositivos móviles o celulares con aplicaciones Android, smartphone, calculadora, Google Maps, Google Earth, planos. Y, automóvil. <p>TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • App Roadroid • Microsoft Office Excel 2016.

ANEXO N° 2 CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS

PROYECTO: "Determinación del índice de rugosidad del pavimento, aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la Panamericana Sur, Ica."
INVESTIGADORA: Br. Fanny Susan, Oyolo Jimenez

ITEM	Escala de Likert				
N° de Puntos	1	2	3	4	5
DateTime					X
Latitude					X
Longitude					X
Distance (m)					X
Speed (km/h)					X
Altitude (m)					X
Grade (%)					X
eIRI					X
cIRI					X
RoadId					X
RECOMENDACIONES:	VALOR	PERCEPCION			
	1	Totalmente en desacuerdo			
	2	En desacuerdo			
	3	Ni en acuerdo ni desacuerdo			
	4	De acuerdo			
	5	Totalmente de acuerdo			

APROBACION:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	CODIGO CIP: 188022
VALIDADO POR: García Cárdenas Juan Carlos			FIRMA: 
ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil			

JUAN CARLOS
 GARCIA CARDENAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 188022

PROYECTO: "Determinación del índice de rugosidad del pavimento, aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la Panamericana Sur, Ica."

INVESTIGADORA: Br. Fanny Susan, Oyolo Jimenez

ITEM	Escala de Likert				
	1	2	3	4	5
N° de Puntos					
DateTime					X
Latitude					X
Longitude					X
Distance (m)					X
Speed (km/h)					X
Altitude (m)					X
Grade (%)					X
eIRI					X
cIRI					X
RoadId					X
RECOMENDACIONES:	VALOR	PERCEPCION			
	1	Totalmente en desacuerdo			
	2	En desacuerdo			
	3	Ni en acuerdo ni desacuerdo			
	4	De acuerdo			
	5	Totalmente de acuerdo			

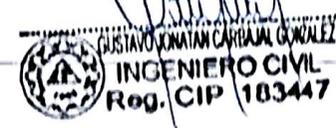
APROBACION:	SI	NO	CODIGO CIP: 195504
VALIDADO POR: Alegría Lazón Luis Vicente			FIRMA:
ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil			

LUIS VICENTE ALEGRIA LAZÓN
INGENIERO CIVIL
 N° Reg. CIP: 195504

PROYECTO: "Determinación del Índice de rugosidad del pavimento, aplicando el método Roadroid mediante Smartphone, en tramos de la Panamericana Sur, Ica."

INVESTIGADORA: Br. Fanny Susan, Oyolo Jimenez

ITEM		Escala de Likert				
		1	2	3	4	5
N° de Puntos						
DateTime						X
Latitude						X
Longitude						X
Distance (m)						X
Speed (km/h)						X
Altitude (m)						X
Grade (%)						X
eIRI						X
cIRI						X
RoadId					X	
RECOMENDACIONES:	VALOR	PERCEPCION				
	1	Totalmente en desacuerdo				
	2	En desacuerdo				
	3	Ni en acuerdo ni desacuerdo				
	4	De acuerdo				
	5	Totalmente de acuerdo				

APROBACION:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	CODIGO CIP: 183447
VALIDADO POR: Gustavo Jonatán Carbajal Gonzalez			FIRMA: 
ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil			

ANEXO N° 4: DATA HISTORICA RECOPIADA DEL SISTEMA ROADROID

Tabla 24. *Datos recolectados del sistema Roadroid en el T1.*

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL NORTE A SUR T1										
cIRI-sensitivity: 1,5 eIRI-sensitivity: 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 12:32	-14,042,427	-75,751,653	100	49.16	441,6	0	11.09	16.28	T1
2	04/07/2021 12:32	-140,432,738,706,483	-75,751,213,544,269	200	51.74	441,22	-0,37	13.56	29.53	T1
3	04/07/2021 12:32	-140,440,914,219,508	-757,507,754,175,038	300	50.61	440,7	-0,53	13.18	29.8	T1

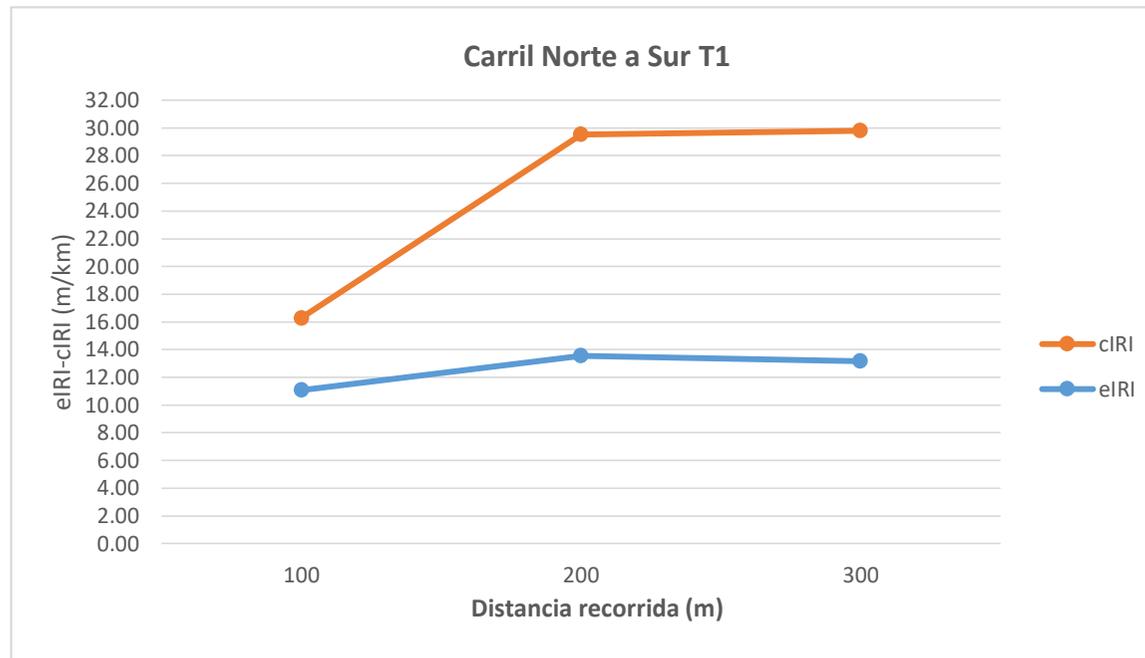


Figura 41. eIRI y cIRI del tramo 1 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 25. Resultado de los datos recolectados del tramo 1 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Prom (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Promedio (m/km)
Carril Norte a Sur T1	Bueno	0	0	0	0	0
	Satisfactorio	0	0	0	0	0
	No satisfactorio	0	0	0	0	0
	Pobre	3	100	50.50	12.61	25.20

Grafico 1. Condición del pavimento T1 en porcentajes.

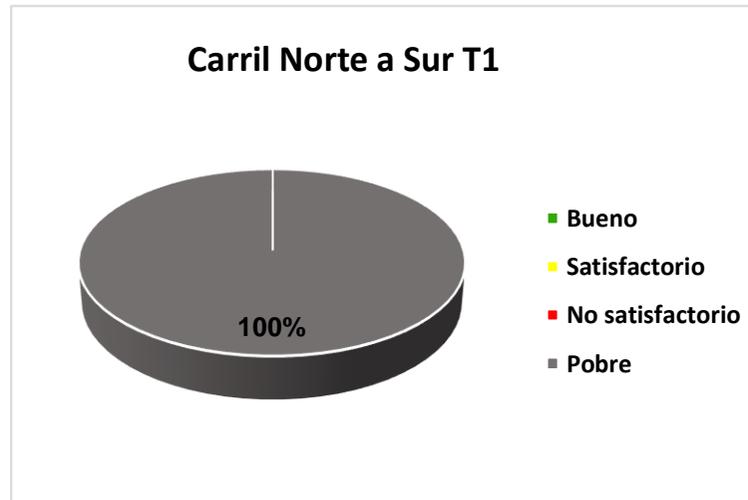


Tabla 26. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T2.

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL NORTE A SUR T2										
cIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 12:35	-14,049,592	-75,747,848	100	51.55	437.06	0	20.95	25.11	T2
2	04/07/2021 12:35	-140,502,910,787,913	-757,474,688,570,301	200	51.66	436.99	-0.07	18.81	41.54	T2
3	04/07/2021 12:35	-140,511,185,759,726	-757,470,784,950,373	300	49.13	436.19	-0.8	11.32	23.94	T2
4	04/07/2021 12:35	-140,520,397,714,587	-757,465,266,031,537	400	54.4	436.53	0.34	12.23	25.7	T2
5	04/07/2021 12:35	-140,526,625,849,955	-757,461,149,234,943	500	53.78	436.78	0.25	12.68	21.22	T2
6	04/07/2021 12:35	-140,534,819,944,314	-757,455,832,184,922	600	49.79	435.29	-1.49	5.32	14.62	T2
7	04/07/2021 12:36	-140,542,088,401,844	-757,451,039,893,157	700	50.78	433.71	-1.58	4.92	14.47	T2
8	04/07/2021 12:36	-14,054,979,284,326	-757,445,986,950,523	800	48.52	433.33	-0.38	10.18	16.32	T2
9	04/07/2021 12:36	-140,558,847,791,573	-757,440,455,969,574	900	48.74	432.26	-1.07	8.98	21.32	T2
10	04/07/2021 12:36	-140,566,027,890,501	-757,436,538,586,208	1000	48.32	433.1	0.84	8.13	15.74	T2
11	04/07/2021 12:36	-140,573,101,511,888	-757,432,660,498,195	1100	48.43	433.38	0.28	5.94	12.85	T2
12	04/07/2021 12:36	-140,582,225,615,391	-757,427,726,074,044	1200	48.51	434.38	1	7.28	14.59	T2
13	04/07/2021 12:36	-140,589,289,431,529	-757,424,361,788,347	1300	47.11	435.12	0.75	5.41	12.6	T2
14	04/07/2021 12:36	-140,598,526,507,991	-757,421,159,564,895	1400	47.71	434.14	-0.98	9.30	13.62	T2
15	04/07/2021 12:37	-140,606,277,904,079	-757,418,967,493,829	1500	53.45	433.4	-0.74	5.54	12.79	T2
16	04/07/2021 12:37	-140,615,726,615,597	-757,416,061,850,552	1600	56.25	432.75	-0.65	9.54	22.58	T2
17	04/07/2021 12:37	-140,626,166,180,135	-757,413,023,890,036	1700	56.38	432.03	-0.72	15.22	24.55	T2
18	04/07/2021 12:37	-140,633,880,669,096	-757,410,809,210,934	1800	56.34	432.71	0.69	10.25	19.47	T2
19	04/07/2021 12:37	-140,641,531,797,304	-757,408,600,744,508	1900	51.69	432.98	0.26	17.64	27.48	T2
20	04/07/2021 12:37	-14,065,032,745,152	-757,406,013,243,307	2000	46.55	433.2	0.23	10.89	27.69	T2
21	04/07/2021 12:37	-14,065,937,843,075	-757,403,588,424,339	2100	41.35	432.62	-0.58	12.42	22.5	T2
22	04/07/2021 12:37	-14,066,867,357,528	-757,401,531,347,067	2200	44.32	431.03	-1.59	5.92	15.75	T2

23	04/07/2021 12:38	-140,677,291,672,078	-757,397,995,762,311	2300	51.01	431.34	0.3	4.34	12.86	T2
24	04/07/2021 12:38	-140,685,984,223,011	-757,395,558,269,989	2400	50.7	432.01	0.68	3.34	14.04	T2
25	04/07/2021 12:38	-140,694,453,408,306	-757,392,918,863,898	2500	48.94	431.01	-1	5.11	11.86	T2
26	04/07/2021 12:38	-140,702,082,982,446	-757,390,166,416,258	2600	47.95	430.22	-0.79	4.11	10.44	T2
27	04/07/2021 12:38	-140,711,964,645,852	-757,387,314,607,967	2700	42.82	430.23	0.01	5.99	11.66	T2
28	04/07/2021 12:38	-14,071,967,009,346	-757,387,787,315,848	2800	39.06	429.59	-0.64	8.94	16.76	T2
29	04/07/2021 12:38	-140,729,693,364,941	-757,384,831,696,068	2900	46.35	429.46	-0.13	12.42	20.39	T2
30	04/07/2021 12:38	-140,737,258,547,887	-757,384,979,115,624	3000	47.8	430.47	1	6.11	17.78	T2
31	04/07/2021 12:39	-140,747,635,546,591	-75,738,556,143,073	3100	45.46	431.29	0.82	4.56	9.25	T2

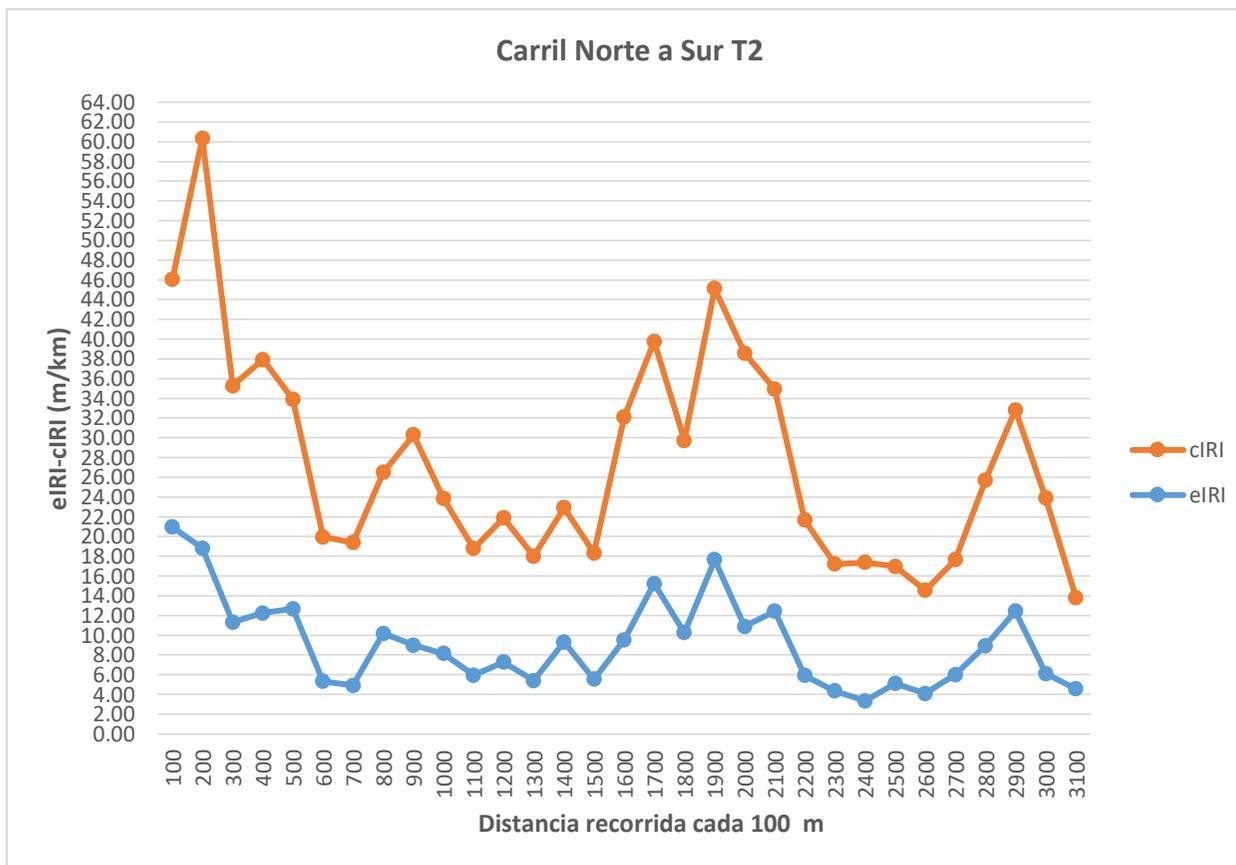


Figura 42. eIRI y cIRI del tramo 2 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 27. Resultado de los datos recolectados del tramo 2 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Promedio (m/km)	eIRI Prom (m/km)	ciRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T2	Bueno	0	0	49.19	9.15	18.44
	Satisfactorio	1	3.23			
	No satisfactorio	6	19.35			
	Pobre	24	77.42			
	Total	31	100.00			

Grafico 2. Condición del pavimento T2 en porcentajes.

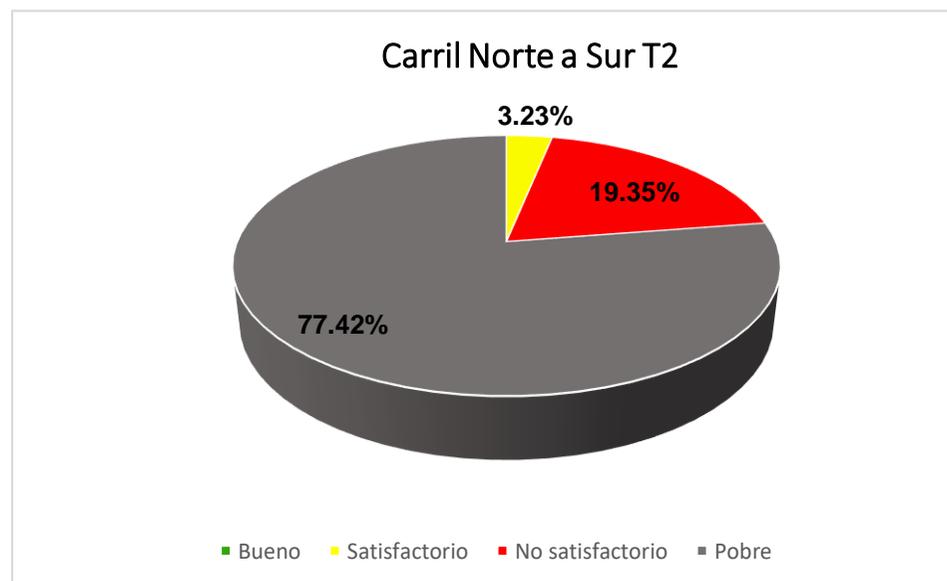


Tabla 28. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T3.

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL NORTE A SUR T3										
cIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 12:40	-14,077,185	-75,738,568	100	45.16	430.3	0	6.35	14.59	T3
2	04/07/2021 12:40	-140,780,299,135,358	-757,384,124,105,998	200	57.34	428.94	-1.36	10.04	15.85	T3
3	04/07/2021 12:40	-14,078,846,840,912	-75,738,104,579,544	300	60.57	429.54	0.6	9.3	15.44	T3
4	04/07/2021 12:40	-140,796,429,625,926	-757,376,198,246,059	400	56.45	430.69	1.14	10.06	19.14	T3
5	04/07/2021 12:40	-140,804,219,199,398	-757,368,556,050,705	500	54.46	429.8	-0.89	9.49	29.41	T3
6	04/07/2021 12:40	-140,808,875,964,204	-757,362,725,792,386	600	58.42	428.73	-1.07	3.21	10.33	T3
7	04/07/2021 12:40	-140,814,311,486,164	-757,355,932,636,943	700	59.73	428.87	0.14	6.63	13.41	T3
8	04/07/2021 12:40	-140,819,957,424,795	-757,348,935,931,622	800	60.16	429.77	0.9	9.83	14.74	T3
9	04/07/2021 12:41	-140,825,687,302,793	-757,341,645,130,655	900	62.21	427.89	-1.89	5.52	14.27	T3
10	04/07/2021 12:41	-140,832,136,660,855	-757,333,894,059,523	1000	61.77	425.81	-2.07	5.88	14.75	T3
11	04/07/2021 12:41	-140,838,254,083,536	-757,326,285,703,248	1100	59.84	425.49	-0.33	9.24	17.27	T3
12	04/07/2021 12:41	-140,844,012,623,096	-757,319,202,693,276	1200	59.08	425.44	-0.04	6.55	18.01	T3
13	04/07/2021 12:41	-14,084,945,921,138	-75,731,216,737,947	1300	59.01	425.3	-0.14	8.03	20.06	T3
14	04/07/2021 12:41	-140,854,826,949,987	-757,305,030,580,117	1400	59.91	425.47	0.17	7.35	22.69	T3
15	04/07/2021 12:41	-140,860,535,021,733	-757,297,719,198,798	1500	61.67	424.3	-1.17	6.19	13.69	T3
16	04/07/2021 12:41	-1,408,653,897,769	-757,289,266,873,314	1600	62.95	423.51	-0.79	6.17	15.75	T3
17	04/07/2021 12:41	-140,869,312,997,833	-757,279,941,808,607	1700	61.74	424.62	1.1	6.26	13.14	T3
18	04/07/2021 12:41	-140,871,810,457,063	-757,273,820,738,133	1800	61.03	425.34	0.73	7.21	16.41	T3
19	04/07/2021 12:42	-14,087,542,450,061	-75,264,943,748,476	1900	59.71	425.94	0.6	7.23	18.72	T3
20	04/07/2021 12:42	-140,878,668,739,819	-757,256,657,501,964	2000	49.16	426.29	0.35	6.63	17	T3

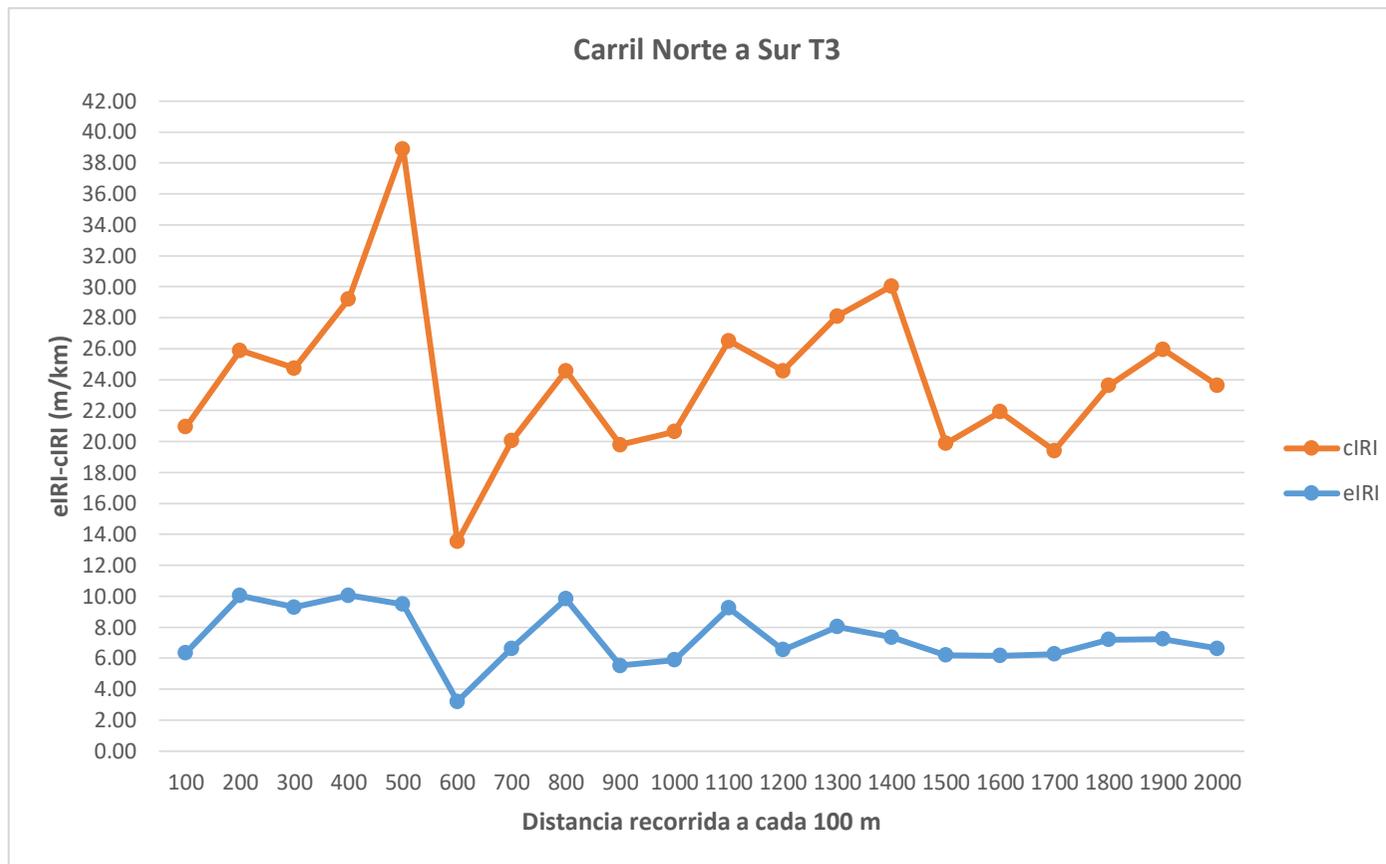


Figura 43. eIRI y cIRI del tramo 3 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 29. Resultado de los datos recolectados del tramo 3 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Promedio (m/km)	eIRI Prom (m/km)	cIRI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T3	Bueno	0	0	59.22	7.41	16.85
	Satisfactorio	1	5			
	No satisfactorio	0	0			
	Pobre	19	95			
	Total	20	100			

Grafico 3. Condición del pavimento T3 en porcentajes.

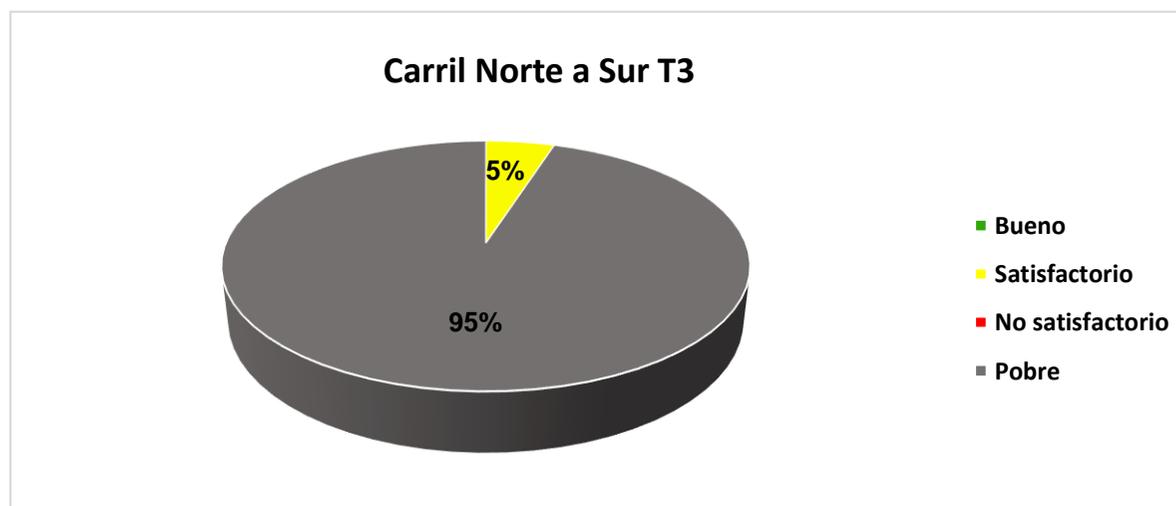


Tabla 30. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T4.

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL NORTE A SUR T4										
cIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 12:44	-14,089,132	-75,722,722	100	46.29	424.59	0.00	16.37	21.36	T4
2	04/07/2021 12:44	-140,894,872,138,798	-757,219,236,166,318	200	46.05	424.68	0.09	13.58	22.96	T4
3	04/07/2021 12:44	-140,898,677,765,376	-757,210,348,507,179	300	45.07	425.63	0.96	16.33	23.80	T4
4	04/07/2021 12:44	-14,090,144,299,583	-757,201,421,063,786	400	43.99	426.27	0.63	16.99	20.21	T4
5	04/07/2021 12:44	-140,902,624,903,085	-757,192,737,567,958	500	45.42	427.42	1.16	12.43	21.34	T4
6	04/07/2021 12:44	-140,905,274,072,627	-757,183,804,940,408	600	43.26	427.42	0.00	6.17	13.18	T4
7	04/07/2021 12:45	-140,911,641,281,262	-757,178,416,225,933	700	43.96	425.98	-1.44	11.90	20.95	T4
8	04/07/2021 12:45	-140,920,343,123,404	-757,176,688,925,719	800	45.01	426.10	0.12	10.13	19.35	T4
9	04/07/2021 12:45	-140,929,354,515,784	-757,175,057,262,335	900	46.24	425.19	-0.91	9.27	21.93	T4
10	04/07/2021 12:45	-14,093,877,328,835	-757,173,360,627,829	1000	46.75	423.29	-1.90	8.33	17.20	T4
11	04/07/2021 12:45	-140,948,386,296,564	-757,171,544,254,463	1100	47.80	422.71	-0.58	11.40	21.38	T4
12	04/07/2021 12:45	-140,956,205,264,661	-757,170,084,907,606	1200	48.28	422.28	-0.43	8.20	20.24	T4
13	04/07/2021 12:45	-140,966,276,935,599	-757,168,183,916,831	1300	46.19	422.29	0.01	5.23	15.76	T4
14	04/07/2021 12:46	-140,975,600,133,109	-757,166,551,836,026	1400	45.27	423.27	0.98	7.34	17.61	T4
15	04/07/2021 12:46	-140,984,570,602,269	-757,165,538,015,789	1500	44.18	423.73	0.47	9.32	19.83	T4
16	04/07/2021 12:46	-14,099,319,753,349	-757,165,506,288,033	1600	41.31	424.13	0.40	11.17	18.62	T4
17	04/07/2021 12:46	-14,100,100,290,268	-757,166,092,895,972	1700	36.53	423.36	-0.77	12.23	20.08	T4
18	04/07/2021 12:46	-141,010,274,660,922	-757,167,882,821,664	1800	43.14	422.86	-0.51	9.28	20.05	T4
19	04/07/2021 12:46	-141,018,499,707,262	-757,169,879,401,784	1900	49.75	422.40	-0.46	8.24	19.73	T4
20	04/07/2021 12:46	-141,029,236,332,837	-757,172,725,851,434	2000	51.96	420.27	-2.13	5.83	15.90	T4
21	04/07/2021 12:46	-141,035,660,014,787	-7,571,744,512,989	2100	56.95	419.58	-0.70	16.19	32.53	T4
22	04/07/2021 12:47	-141,046,291,109,803	-757,177,327,811,081	2200	55.13	419.69	0.11	18.19	41.04	T4
23	04/07/2021 12:47	-141,053,643,260,338	-757,179,338,835,021	2300	56.36	419.11	-0.57	16.86	33.08	T4

24	04/07/2021 12:47	-141,064,135,711,477	-757,181,807,142,295	2400	57.95	419.64	0.53	23.98	50.04	T4
25	04/07/2021 12:47	-141,072,408,631,788	-757,182,725,977,087	2500	57.91	420.94	1.30	12.38	32.35	T4
26	04/07/2021 12:47	-141,080,794,321,663	-757,182,192,903,322	2600	56.87	420.77	-0.17	11.96	23.74	T4
27	04/07/2021 12:47	-141,088,926,052,079	-757,181,237,122,248	2700	57.03	419.95	-0.82	7.71	18.57	T4
28	04/07/2021 12:47	-141,099,816,675,317	-757,179,960,090,999	2800	59.35	420.24	0.29	14.05	18.20	T4
29	04/07/2021 12:47	-141,108,548,746,523	-757,178,930,802,717	2900	59.46	420.54	0.30	21.74	40.81	T4
30	04/07/2021 12:47	-141,117,367,770,361	-757,177,846,529,349	3000	58.30	420.37	-0.17	15.89	32.79	T4
31	04/07/2021 12:48	-1,411,256,478,464	-757,176,883,557,796	3100	57.64	420.23	-0.14	9.57	29.16	T4
32	04/07/2021 12:48	-141,133,960,744,051	-757,175,842,944,106	3200	54.15	420.64	0.41	13.60	28.00	T4
33	04/07/2021 12:48	-141,143,878,879,107	-757,174,716,641,408	3300	49.16	419.78	-0.86	15.61	32.01	T4
34	04/07/2021 12:48	-141,151,895,340,708	-757,173,798,132,049	3400	50.25	420.58	0.80	11.59	22.98	T4
35	04/07/2021 12:48	-141,160,682,104,376	-757,173,249,804,244	3500	51.22	419.97	-0.61	10.79	23.72	T4
36	04/07/2021 12:48	-141,172,185,632,647	-757,172,153,463,377	3600	51.89	419.24	-0.72	10.49	23.17	T4
37	04/07/2021 12:48	-141,178,787,489,753	-757,171,442,212,721	3700	53.49	420.54	1.29	12.87	26.77	T4
38	04/07/2021 12:48	-141,188,355,879,032	-757,170,437,923,989	3800	54.81	419.85	-0.69	13.82	23.57	T4
39	04/07/2021 12:48	-141,198,483,593,431	-757,169,389,226,706	3900	55.17	417.81	-2.04	14.25	28.52	T4
40	04/07/2021 12:49	-141,205,827,758,905	-757,168,515,079,536	4000	51.06	417.21	-0.60	13.27	26.56	T4
41	04/07/2021 12:49	-141,214,674,154,835	-757,167,477,527,458	4100	51.17	417.54	0.33	8.47	16.99	T4
42	04/07/2021 12:49	-141,223,646,401,406	-757,166,617,156,772	4200	53.36	418.15	0.61	7.63	20.95	T4
43	04/07/2021 12:49	-141,233,469,196,252	-757,165,547,209,038	4300	54.71	417.80	-0.35	10.80	24.05	T4
44	04/07/2021 12:49	-1,412,436,646,919	-757,164,401,916,764	4400	53.85	417.20	-0.60	13.43	22.52	T4
45	04/07/2021 12:49	-141,250,810,940,323	-75,716,368,472,829	4500	54.30	417.41	0.21	12.80	30.71	T4
46	04/07/2021 12:49	-141,260,826,542,849	-757,162,805,683,598	4600	53.38	416.94	-0.47	8.60	23.42	T4
47	04/07/2021 12:49	-141,270,352,103,249	-757,162,797,135,288	4700	52.29	416.86	-0.07	11.88	25.94	T4
48	04/07/2021 12:49	-141,279,680,995,632	-757,163,907,860,799	4800	52.56	416.11	-0.75	13.08	23.88	T4
49	04/07/2021 12:50	-141,286,569,960,463	-757,164,986,660,077	4900	52.72	415.40	-0.71	14.26	22.42	T4
50	04/07/2021 12:50	-141,296,063,954,966	-75,716,653,313,084	5000	52.94	415.75	0.35	16.70	32.41	T4

51	04/07/2021 12:50	-141,305,371,479,352	-757,168,078,417,948	5100	52.85	415.61	-0.14	14.42	27.40	T4
52	04/07/2021 12:50	-141,314,878,279,017	-757,169,571,545,717	5200	53.06	414.62	-0.99	15.81	31.20	T4
53	04/07/2021 12:50	-141,324,310,899,496	-757,171,089,533,759	5300	53.46	414.34	-0.28	14.69	30.04	T4
54	04/07/2021 12:50	-141,331,246,637,129	-75,717,218,994,584	5400	53.57	414.20	-0.14	17.76	34.46	T4
55	04/07/2021 12:50	-141,340,847,533,653	-757,173,715,757,446	5500	53.39	414.25	0.05	16.85	29.23	T4
56	04/07/2021 12:50	-141,350,460,120,231	-75,717,519,956,185	5600	52.62	414.96	0.71	18.38	36.91	T4
57	04/07/2021 12:50	-141,359,828,185,987	-757,175,906,134,565	5700	52.24	415.85	0.89	15.82	31.95	T4
58	04/07/2021 12:51	-141,369,098,761,733	-757,175,301,296,723	5800	52.10	416.45	0.60	13.14	27.83	T4
59	04/07/2021 12:51	-141,378,364,162,635	-75,717,438,511,855	5900	52.67	416.01	-0.44	13.02	25.98	T4
60	04/07/2021 12:51	-141,385,111,880,281	-75,717,369,516,766	6000	52.79	415.41	-0.60	19.93	34.94	T4
61	04/07/2021 12:51	-141,394,421,484,262	-757,172,224,272,863	6100	53.65	414.29	-1.13	16.44	31.39	T4
62	04/07/2021 12:51	-141,403,972,901,538	-757,169,592,920,648	6200	54.11	414.64	0.35	14.68	31.69	T4
63	04/07/2021 12:51	-141,413,775,983,327	-757,166,830,172,775	6300	54.43	415.21	0.58	12.70	28.78	T4
64	04/07/2021 12:51	-141,420,893,071,952	-757,164,820,473,346	6400	54.39	414.61	-0.60	17.73	34.92	T4
65	04/07/2021 12:51	-141,430,708,825,239	-757,162,427,463,647	6500	55.25	413.44	-1.17	18.45	43.18	T4
66	04/07/2021 12:51	-141,438,227,947,255	-757,160,660,823,443	6600	56.54	413.20	-0.24	15.89	32.10	T4
67	04/07/2021 12:52	-141,448,882,408,902	-757,158,257,109,457	6700	56.70	414.13	0.93	10.70	26.54	T4
68	04/07/2021 12:52	-141,456,754,631,569	-757,156,384,524,835	6800	56.34	414.77	0.64	15.95	30.52	T4
69	04/07/2021 12:52	-141,464,399,670,398	-757,154,682,305,233	6900	55.07	413.82	-0.95	21.76	42.25	T4
70	04/07/2021 12:52	-141,474,216,555,548	-757,152,380,505,894	7000	53.57	413.92	0.10	28.04	48.28	T4
71	04/07/2021 12:52	-141,483,826,864,424	-757,150,356,372,226	7100	52.54	414.31	0.39	22.96	44.63	T4
72	04/07/2021 12:52	-141,493,155,731,341	-757,148,681,639,206	7200	52.42	414.30	-0.01	13.32	32.13	T4
73	04/07/2021 12:52	-141,502,177,344,456	-757,147,123,659,742	7300	52.20	414.43	0.13	15.59	33.55	T4
74	04/07/2021 12:52	-141,508,715,536,514	-757,145,966,075,451	7400	52.59	413.55	-0.88	10.79	22.06	T4
75	04/07/2021 12:52	-141,518,195,995,099	-757,144,261,519,644	7500	51.57	413.92	0.38	13.47	25.18	T4
76	04/07/2021 12:53	-141,527,181,257,731	-757,142,337,838,801	7600	50.45	413.94	0.01	14.01	29.79	T4
77	04/07/2021 12:53	-141,535,639,913,438	-757,140,037,540,692	7700	45.67	413.51	-0.43	13.60	26.28	T4

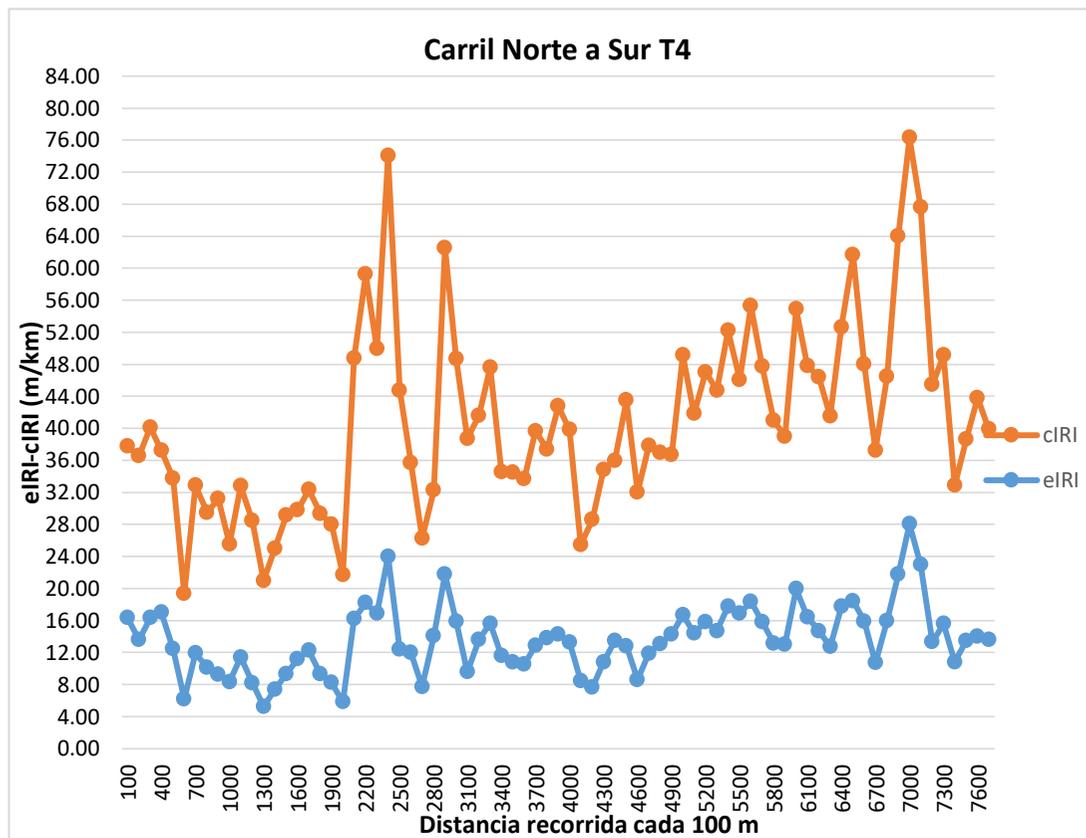


Figura 44. eIRI y cIRI del tramo 4 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 31. Resultado de los datos recolectados del tramo 4 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Promedio (m/km)	eIRI Prom (m/km)	CI RI Prom (m/km)
Carril Norte a Sur T4	Bueno	0	0	53.31	16.26	32.85
	Satisfactorio	0	0			
	No satisfactorio	1	1.30			
	Pobre	76	98.70			
	Total	77	100			

Grafico 4. Condición del pavimento T4 en porcentajes.

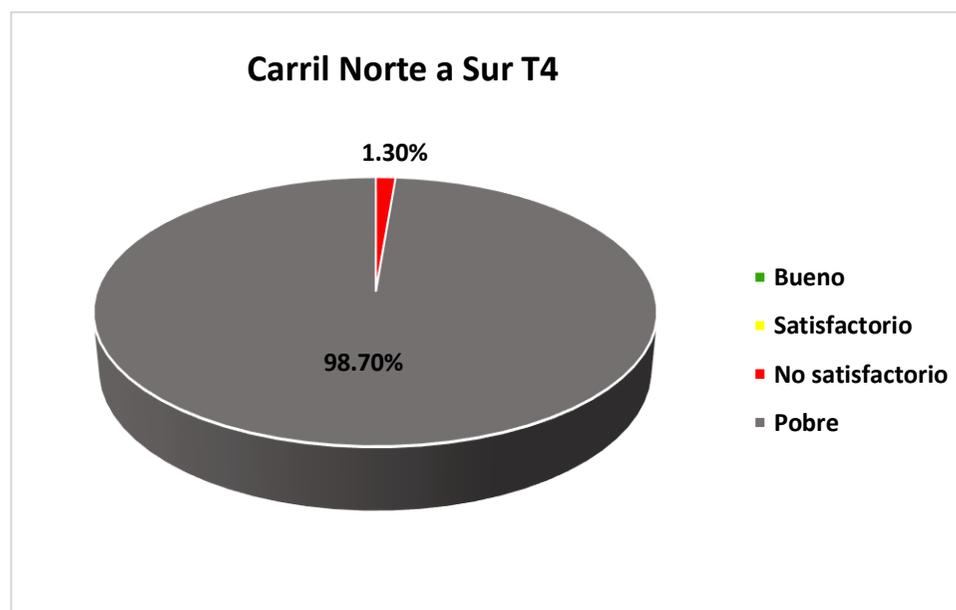


Tabla 32. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T5.

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL SUR A NORTE T5										
cIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 12:58	-14,153,325	-75,713,998	100	34.78	418.12	0	10.07	11.69	T5
2	04/07/2021 12:58	-141,525,230,952,274	-757,142,403,079,393	200	42.63	417.83	-0.29	9.44	17.86	T5
3	04/07/2021 12:58	-141,514,994,569,563	-757,144,450,356,112	300	44.91	417.82	-0.01	5.79	13.73	T5
4	04/07/2021 12:58	-141,506,073,319,887	-75,714,601,182,566	400	47.08	417.45	-0.37	11.06	19.61	T5
5	04/07/2021 12:58	-141,498,696,424,164	-757,147,298,003,094	500	47.95	417.1	-0.35	10.14	22.83	T5
6	04/07/2021 12:58	-141,488,555,585,539	-757,148,983,510,567	600	49.42	415.95	-1.15	13.06	29.66	T5
7	04/07/2021 12:58	-141,480,270,897,291	-757,150,563,601,431	700	49.25	414.82	-1.12	14.91	30.74	T5
8	04/07/2021 12:59	-141,472,215,370,071	-757,152,409,143,202	800	49.18	413.71	-1.11	12.35	29.4	T5
9	04/07/2021 12:59	-141,461,672,829,575	-757,154,867,032,314	900	49.89	414.26	0.55	9.82	21.63	T5
10	04/07/2021 12:59	-14,145,332,292,311	-757,156,775,191,347	1000	49.95	415.14	0.88	12.03	25.54	T5
11	04/07/2021 12:59	-141,444,985,685,826	-757,158,720,958,706	1100	52.55	415.55	0.41	20.74	37.95	T5
12	04/07/2021 12:59	-141,435,728,050,923	-757,160,829,988,427	1200	53.8	416	0.45	18.37	31.65	T5
13	04/07/2021 12:59	-141,426,027,678,659	-757,163,057,402,698	1300	53.59	416.86	0.86	11.79	31.22	T5
14	04/07/2021 12:59	-141,419,229,188,651	-75,716,483,668,622	1400	53.88	416.19	-0.67	12.97	28.78	T5
15	04/07/2021 12:59	-141,409,711,917,701	-757,167,481,608,039	1500	54.14	415.52	-0.66	16.86	35.68	T5
16	04/07/2021 12:59	-141,400,114,540,507	-757,170,222,239,094	1600	54.24	415.7	0.18	16.02	36.36	T5
17	04/07/2021 01:00	-141,393,112,561,878	-757,171,994,002,026	1700	54.18	415.51	-0.19	19.74	38.85	T5
18	04/07/2021 01:00	-141,383,414,185,244	-757,173,396,069,333	1800	53.4	413.49	-2.03	19.11	31.37	T5
19	04/07/2021 01:00	-141,373,825,333,268	-757,174,500,149,261	1900	52.53	412.8	-0.69	18.48	39.63	T5
20	04/07/2021 01:00	-141,364,472,937,214	-757,175,396,830,179	2000	52.42	412.6	-0.2	16.27	35.35	T5
21	04/07/2021 01:00	-141,354,967,206,522	-757,175,471,303,524	2100	53.31	413.59	0.99	15.8	38.48	T5
22	04/07/2021 01:00	-141,348,026,073,791	-75,717,458,272,259	2200	53.93	414.38	0.79	15.81	36.28	T5
23	04/07/2021 01:00	-141,338,193,914,324	-757,172,869,248,342	2300	53.61	415.8	1.43	15.76	34.41	T5

24	04/07/2021 01:00	-141,328,599,384,452	-757,171,315,020,527	2400	53.13	416.66	0.86	20.51	33.77	T5
25	04/07/2021 01:00	-141,321,618,962,664	-757,170,184,455,795	2500	52.43	417.25	0.59	13.05	33.48	T5
26	04/07/2021 01:01	-141,312,292,641,077	-757,168,725,100,168	2600	52.94	418.22	0.97	19.74	34.37	T5
27	04/07/2021 01:01	-141,302,875,017,857	-757,167,177,772,253	2700	51.73	418.58	0.35	16.64	30.27	T5
28	04/07/2021 01:01	-141,293,934,914,546	-757,165,746,246,268	2800	49.87	418.51	-0.06	17.87	30.43	T5
29	04/07/2021 01:01	-141,285,683,035,303	-75,716,445,810,299	2900	50.25	418.62	0.11	19.66	38.34	T5
30	04/07/2021 01:01	-141,276,973,836,072	-757,163,219,289,448	3000	51.35	416.95	-1.68	16.91	30.27	T5
31	04/07/2021 01:01	-141,267,979,723,955	-757,162,367,254,842	3100	51.37	416.72	-0.23	17.16	31.89	T5
32	04/07/2021 01:01	-141,258,739,268,893	-757,162,434,010,163	3200	51.2	416.95	0.23	8.82	19.54	T5
33	04/07/2021 01:01	-14,124,992,827,323	-757,163,338,033,398	3300	50.46	416.4	-0.55	12.15	21.94	T5
34	04/07/2021 01:02	-141,238,912,223,718	-757,164,564,719,766	3400	50.04	415.8	-0.6	14.06	29.22	T5
35	04/07/2021 01:02	-141,230,395,888,112	-757,165,524,864,856	3500	52.22	416.4	0.6	10.82	26.92	T5
36	04/07/2021 01:02	-141,220,879,338,341	-757,166,607,054,579	3600	54.17	417.89	1.49	10.98	29.34	T5
37	04/07/2021 01:02	-141,213,479,761,223	-757,167,465,575,332	3700	55.57	418.42	0.54	15.9	31.05	T5
38	04/07/2021 01:02	-141,203,062,208,119	-757,168,549,763,416	3800	56.6	417.94	-0.48	16.08	31.96	T5
39	04/07/2021 01:02	-14,119,497,396,805	-757,169,391,411,826	3900	56.97	418.43	0.49	17.13	41.44	T5
40	04/07/2021 01:02	-141,186,929,170,055	-757,170,258,936,338	4000	57.67	418.65	0.22	13.2	36.7	T5
41	04/07/2021 01:02	-141,175,831,604,018	-75,717,153,304,853	4100	57.52	418.19	-0.46	19.61	41.06	T5
42	04/07/2021 01:02	-141,167,617,889,503	-757,172,442,529,073	4200	56.5	418.07	-0.11	23.98	46.1	T5
43	04/07/2021 01:02	-141,159,811,396,938	-757,173,244,538,977	4300	54.6	417.49	-0.58	16.8	42.49	T5
44	04/07/2021 01:03	-141,149,791,636,852	-757,174,293,205,149	4400	55.97	418.19	0.7	16.34	32.51	T5
45	04/07/2021 01:03	-141,141,948,587,682	-757,175,070,270,142	4500	56.07	418.79	0.6	16.9	37.59	T5
46	04/07/2021 01:03	-141,131,356,025,643	-757,176,194,154,762	4600	55.97	418.71	-0.07	25.28	39.26	T5
47	04/07/2021 01:03	-141,123,635,177,786	-757,176,935,230,203	4700	55.79	418.79	0.07	18.37	39.27	T5
48	04/07/2021 01:03	-141,113,004,900,325	-757,178,049,509,967	4800	56.46	420.19	1.4	15.24	30.61	T5
49	04/07/2021 01:03	-141,105,065,442,007	-757,178,891,806,783	4900	56.55	420.77	0.59	20.73	41.63	T5
50	04/07/2021 01:03	-141,097,027,663,219	-757,179,804,395,215	5000	57.57	420.99	0.22	26.37	46.53	T5

51	04/07/2021 01:03	-141,086,112,574,697	-757,181,024,194,181	5100	57.22	420.37	-0.62	28.22	57.01	T5
52	04/07/2021 01:03	-141,077,984,645,428	-757,181,862,547,237	5200	57.53	421.27	0.9	22.81	43.17	T5
53	04/07/2021 01:04	-141,069,512,269,006	-757,182,017,291,539	5300	57.57	422.8	1.53	25.72	49.96	T5
54	04/07/2021 01:04	-14,106,133,363,852	-757,180,700,118,221	5400	55.64	423.28	0.47	20.88	40.84	T5
55	04/07/2021 01:04	-141,051,260,104,521	-757,178,019,795,763	5500	52.09	421.76	-1.51	18.06	38.12	T5
56	04/07/2021 01:04	-141,042,235,084,542	-75,717,574,685,306	5600	49.71	420.86	-0.9	9.55	24.7	T5
57	04/07/2021 01:04	-141,034,038,815,173	-757,173,753,701,217	5700	43.13	421.04	0.18	7.04	18.07	T5
58	04/07/2021 01:04	-141,024,140,258,959	-757,171,102,699,726	5800	36.44	422.56	1.52	6.22	13.96	T5

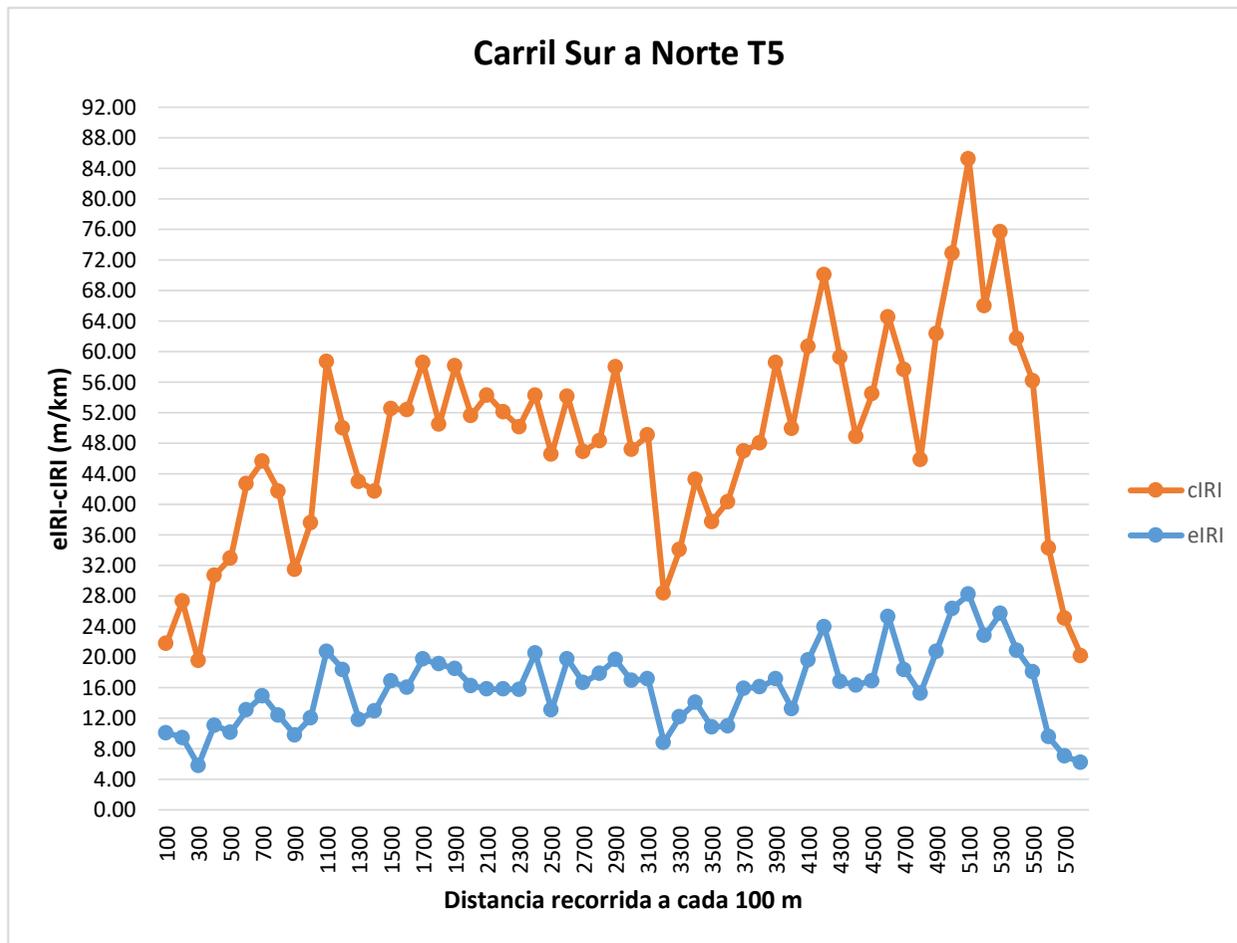


Figura 45. eIRI y cIRI del tramo 5 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 33. Resultado de los datos recolectados del tramo 5 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Promedio (m/km)	eIRI Promedio (m/km)	CIIRI Promedio (m/km)
Carril Norte a Sur T5	Bueno	0	0	54.21	18.49	37.87
	Satisfactorio	0	0			
	No satisfactorio	1	1.72			
	Pobre	57	98.28			
	Total	58	100			

Grafico 5. Condición del pavimento T5 en porcentajes.

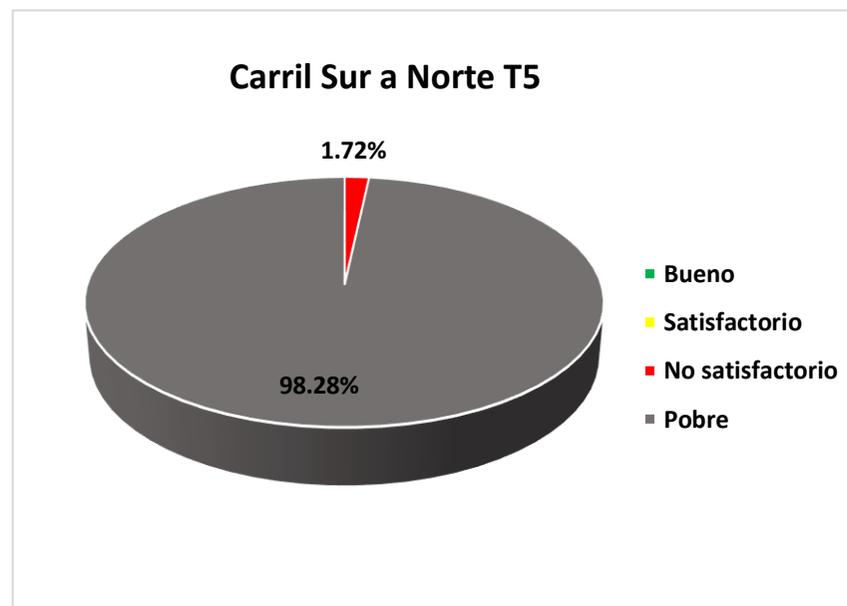


Tabla 34. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T6.

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL SUR A NORTE T6										
cIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 01:06	-1,409,862	-75,716,507	100	47.77	424.39	0	9.18	15.33	T6
2	04/07/2021 01:06	-140,977,319,485,531	-757,165,860,248,274	200	49.5	423.25	-1.14	6.14	13.54	T6
3	04/07/2021 01:06	-140,969,063,489,798	-757,167,368,071,179	300	51.07	422.76	-0.49	10.67	16.58	T6
4	04/07/2021 01:06	-140,960,244,905,582	-757,169,017,018,884	400	53.42	422.94	0.17	22.89	42.27	T6
5	04/07/2021 01:06	-140,950,569,920,051	-757,170,871,283,573	500	54.01	423.44	0.5	16.67	33.14	T6
6	04/07/2021 01:06	-140,940,766,543,206	-757,172,726,195,703	600	53.65	423.87	0.43	13.67	29.28	T6
7	04/07/2021 01:06	-140,933,771,467,197	-7,571,741,626,747	700	54.02	423.85	-0.02	17.6	29.19	T6
8	04/07/2021 01:07	-140,924,075,432,566	-75,717,608,881,959	800	53.06	424	0.15	24.41	44.46	T6
9	04/07/2021 01:07	-140,914,695,839,137	-757,177,652,525,135	900	47.8	425.26	1.26	12.75	30.96	T6
10	04/07/2021 01:07	-140,905,607,600,934	-757,181,243,496,979	1000	48.15	426.31	1.06	5.41	12.46	T6
11	04/07/2021 01:07	-140,902,345,805,188	-757,188,503,052,938	1100	51.39	425.99	-0.32	13.07	20.05	T6
12	04/07/2021 01:07	-1,409,012,603,259	-757,198,005,014,066	1200	54.99	424.63	-1.36	15.37	36.7	T6
13	04/07/2021 01:07	-140,898,796,559,307	-757,205,290,007,171	1300	52.33	425.21	0.58	7.25	24.04	T6
14	04/07/2021 01:07	-14,089,508,092,046	-757,213,810,664,532	1400	47.88	426.49	1.28	11.19	23.5	T6
15	04/07/2021 01:07	-140,890,915,439,925	-757,223,101,852,622	1500	43.75	426.38	-0.11	10.59	19.68	T6
16	04/07/2021 01:07	-140,887,487,317,394	-757,230,829,261,875	1600	39.4	426.66	0.29	17.65	29.57	T6
17	04/07/2021 01:08	-140,882,985,655,132	-757,240,893,601,818	1700	41.23	425.62	-1.04	10.66	21.6	T6
18	04/07/2021 01:08	-140,879,759,434,723	-757,248,262,741,984	1800	46.24	424.84	-0.78	5.25	14.79	T6
19	04/07/2021 01:08	-140,875,978,183,741	-757,257,430,034,143	1900	48.07	424.61	-0.23	8.11	16.41	T6
20	04/07/2021 01:08	-140,872,965,457,717	-757,264,982,517,288	2000	47.42	424.97	0.35	8.51	12.34	T6
21	04/07/2021 01:08	-14,086,909,670,566	-757,274,584,709,172	2100	47.41	425.61	0.65	11.22	21.61	T6
22	04/07/2021 01:08	-140,866,166,981,867	-757,281,971,381,688	2200	49.86	425.95	0.34	5.02	13.94	T6
23	04/07/2021 01:08	-140,862,824,119,819	-757,290,172,668,439	2300	51.83	426.58	0.62	5.39	13.36	T6

24	04/07/2021 01:09	-140,858,062,095,192	-757,298,411,823,523	2400	51.32	427.6	1.02	8.7	17.94	T6
25	04/07/2021 01:09	-140,852,412,965,117	-757,305,356,046,511	2500	46.72	427.04	-0.56	8.46	16.77	T6
26	04/07/2021 01:09	-140,846,372,742,496	-75,731,300,952,697	2600	42.39	426.73	-0.31	8.23	18.71	T6
27	04/07/2021 01:09	-140,840,026,237,377	-757,320,977,707,844	2700	41.8	426.24	-0.49	10.62	19.55	T6
28	04/07/2021 01:09	-14,083,505,699,932	-757,327,132,872,273	2800	44.83	425.32	-0.92	10.71	18.99	T6
29	04/07/2021 01:09	-140,829,319,248,142	-75,733,426,120,092	2900	45.22	426.24	0.92	9.41	16.96	T6
30	04/07/2021 01:09	-140,823,446,764,665	-757,341,483,551,415	3000	41.98	427.25	1.01	11.18	16.96	T6
31	04/07/2021 01:09	-140,817,226,765,975	-757,349,175,652,567	3100	40.67	428.03	0.78	13.17	21.8	T6
32	04/07/2021 01:10	-140,811,268,040,205	-757,356,562,780,049	3200	40.03	428.82	0.79	8.46	15.6	T6

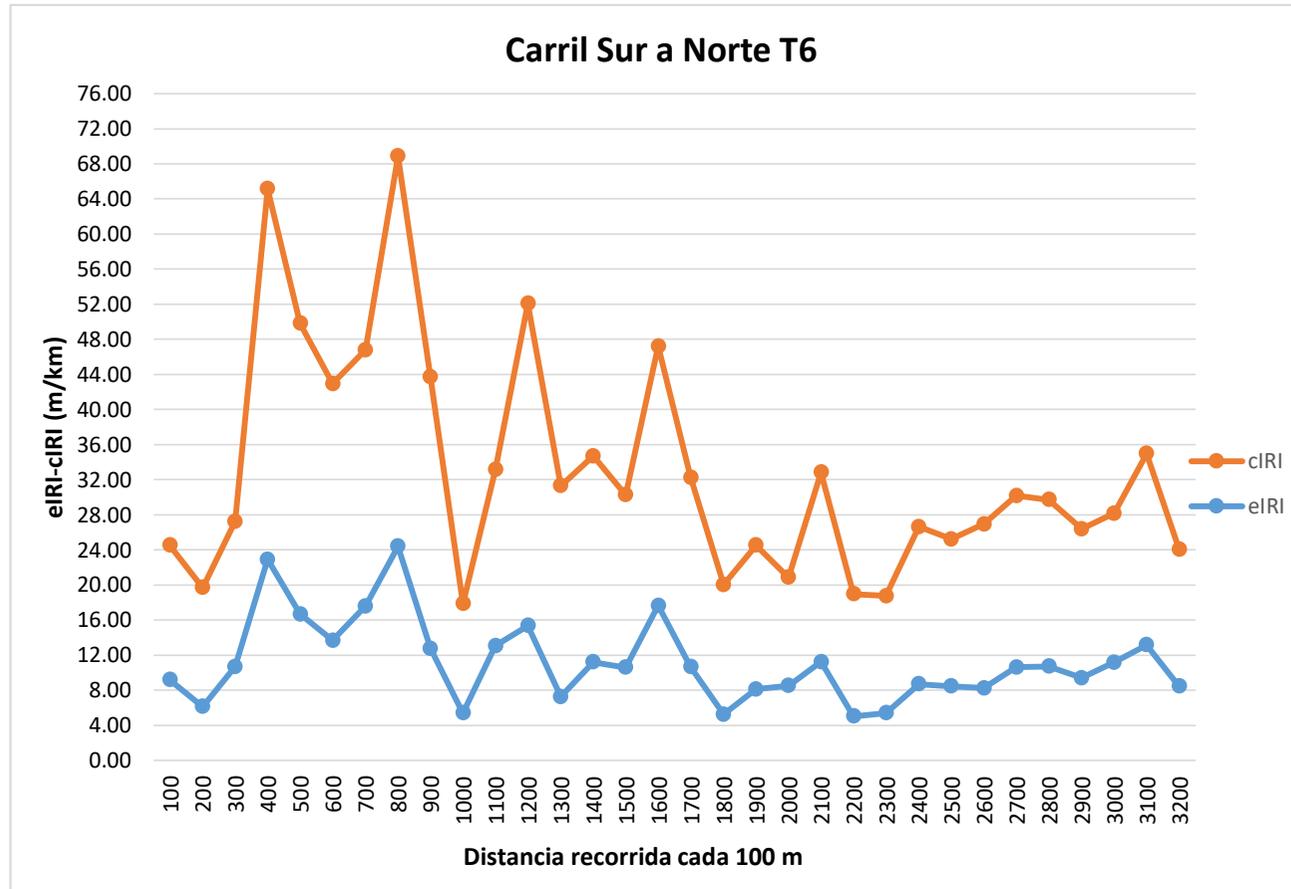


Figura 46. eIRI y cIRI del tramo 6 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 35. Resultado de los datos recolectados del tramo 6 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Promedio (m/km)	eIRI Promedio (m/km)	cIRI Promedio (m/km)
Carril Norte a Sur T6	Bueno	0	0	45.16	9.61	18.43
	Satisfactorio	0	0			
	No satisfactorio	3	9.38			
	Pobre	29	90.63			
	Total	32	100			

Grafico 6. Condición del pavimento T6 en porcentajes.

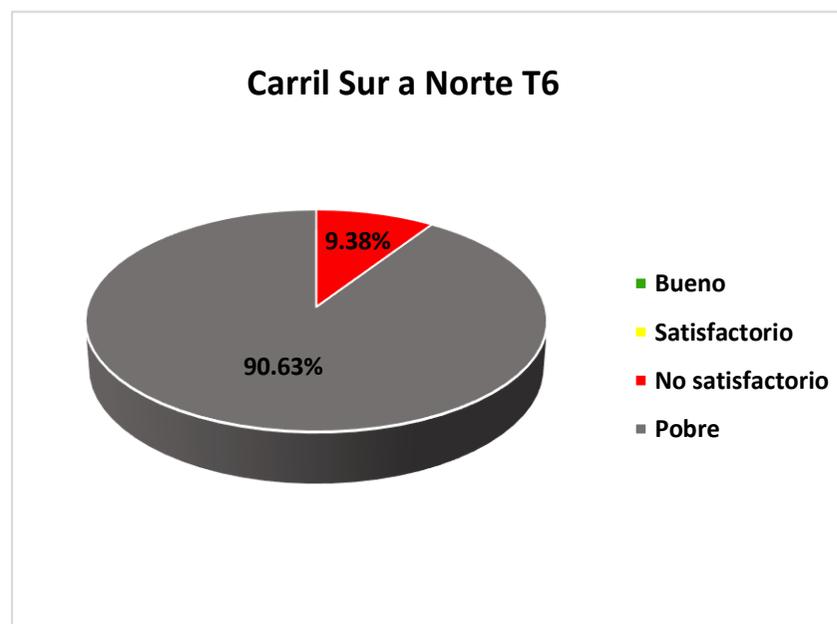


Tabla 36. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T7.

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL SUR A NORTE T7										
cIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 01:12	-14,076,373	-75,738,375	100	38.86	430.14	0	11.74	19.11	T7
2	04/07/2021 01:12	-140,753,732,404,902	-757,383,618,541,506	200	45.11	430.08	-0.06	7.73	17.91	T7
3	04/07/2021 01:12	-140,744,521,232,406	-757,383,999,946,417	300	46.06	430.06	-0.02	8.45	17.5	T7
4	04/07/2021 01:12	-140,737,234,217,481	-757,384,204,885,171	400	46.48	431.22	1.16	7.32	17.96	T7
5	04/07/2021 01:12	-14,072,750,967,987	-757,383,191,769,009	500	44.14	429.78	-1.44	6.29	15.22	T7
6	04/07/2021 01:12	-140,719,261,493,505	-757,381,286,235,028	600	44.7	429.99	0.21	6.86	16.06	T7
7	04/07/2021 01:12	-140,711,727,652,225	-757,386,395,073,269	700	47.71	430.91	0.92	2.71	8.52	T7
8	04/07/2021 01:13	-140,701,857,444,166	-757,389,184,932,678	800	49.33	432.17	1.26	5.19	12.04	T7
9	04/07/2021 01:13	-140,693,813,136,989	-757,391,018,106,278	900	50.84	429.52	-2.65	9.44	14.31	T7
10	04/07/2021 01:13	-140,685,356,990,952	-757,393,488,442,533	1000	51.49	430.04	0.51	5.33	15.02	T7
11	04/07/2021 01:13	-140,676,619,630,175	-75,739,600,125,848	1100	48.33	432.12	2.09	4.38	10.57	T7
12	04/07/2021 01:13	-140,669,010,393,132	-75,739,788,124,771	1200	43.2	432.25	0.12	8.69	14.51	T7
13	04/07/2021 01:13	-140,659,256,426,437	-757,400,844,205,057	1300	48.41	432.4	0.15	19.84	32.08	T7
14	04/07/2021 01:13	-14,065,123,720,761	-757,403,226,089,121	1400	53.71	432.11	-0.29	15.71	38.08	T7
15	04/07/2021 01:13	-140,641,700,142,086	-757,405,951,541,556	1500	54.97	433.06	0.94	14.72	33.63	T7
16	04/07/2021 01:14	-140,634,323,597,781	-757,408,067,082,139	1600	55.7	433.84	0.78	9.02	20.45	T7
17	04/07/2021 01:14	-14,062,398,059,147	-757,410,938,967,566	1700	57.03	434.86	1.02	10.01	20.94	T7
18	04/07/2021 01:14	-140,616,049,408,678	-757,413,159,953,671	1800	56.52	435.66	0.8	10.97	20.22	T7
19	04/07/2021 01:14	-140,608,431,812,243	-757,415,308,156,783	1900	54.08	436.41	0.76	11.35	23.56	T7
20	04/07/2021 01:14	-140,598,847,129,474	-757,418,083,218,363	2000	53.1	436.46	0.05	9.05	18.96	T7
21	04/07/2021 01:14	-140,589,731,808,959	-757,421,259,169,851	2100	53.04	434.88	-1.59	9.79	17.61	T7
22	04/07/2021 01:14	-140,581,047,957,521	-757,425,474,310,815	2200	51.14	433.83	-1.05	10.13	20.81	T7
23	04/07/2021 01:14	-140,573,247,327,642	-757,429,746,708,357	2300	44.62	434.29	0.46	11.73	18.57	T7

24	04/07/2021 01:14	-140,565,600,700,524	-757,433,785,222,305	2400	39.23	435.23	0.94	15.31	24.91	T7
25	04/07/2021 01:15	-140,558,001,225,175	-757,437,798,060,839	2500	33.14	435.2	-0.03	15.72	19.78	T7
26	04/07/2021 01:15	-140,550,098,498,377	-757,442,355,096,958	2600	39.31	435.44	0.24	15.95	27.65	T7
27	04/07/2021 01:15	-140,542,563,172,486	-757,447,616,849,042	2700	44.18	434.68	-0.76	8.69	18.73	T7
28	04/07/2021 01:15	-140,535,088,470,108	-757,452,671,403,404	2800	44.39	435.24	0.57	8.22	15.84	T7
29	04/07/2021 01:15	-140,527,747,895,382	-757,457,534,416,055	2900	45.72	436.63	1.39	10.8	20.47	T7
30	04/07/2021 01:15	-140,519,869,450,389	-757,462,702,978,702	3000	47.03	438.47	1.83	13.21	23.34	T7
31	04/07/2021 01:15	-140,511,207,734,556	-757,467,719,570,209	3100	51.1	439.96	1.5	11.71	23.69	T7
32	04/07/2021 01:16	-140,503,304,720,073	-75,747,202,897,457	3200	49.2	441.15	1.19	13.3	28.58	T7
33	04/07/2021 01:16	-140,496,171,976,395	-757,475,834,452,511	3300	41.1	441.31	0.16	13.22	25.05	T7
34	04/07/2021 01:16	-140,487,901,432,633	-757,480,185,247,367	3400	33.61	441.41	0.1	12.1	24.6	T7

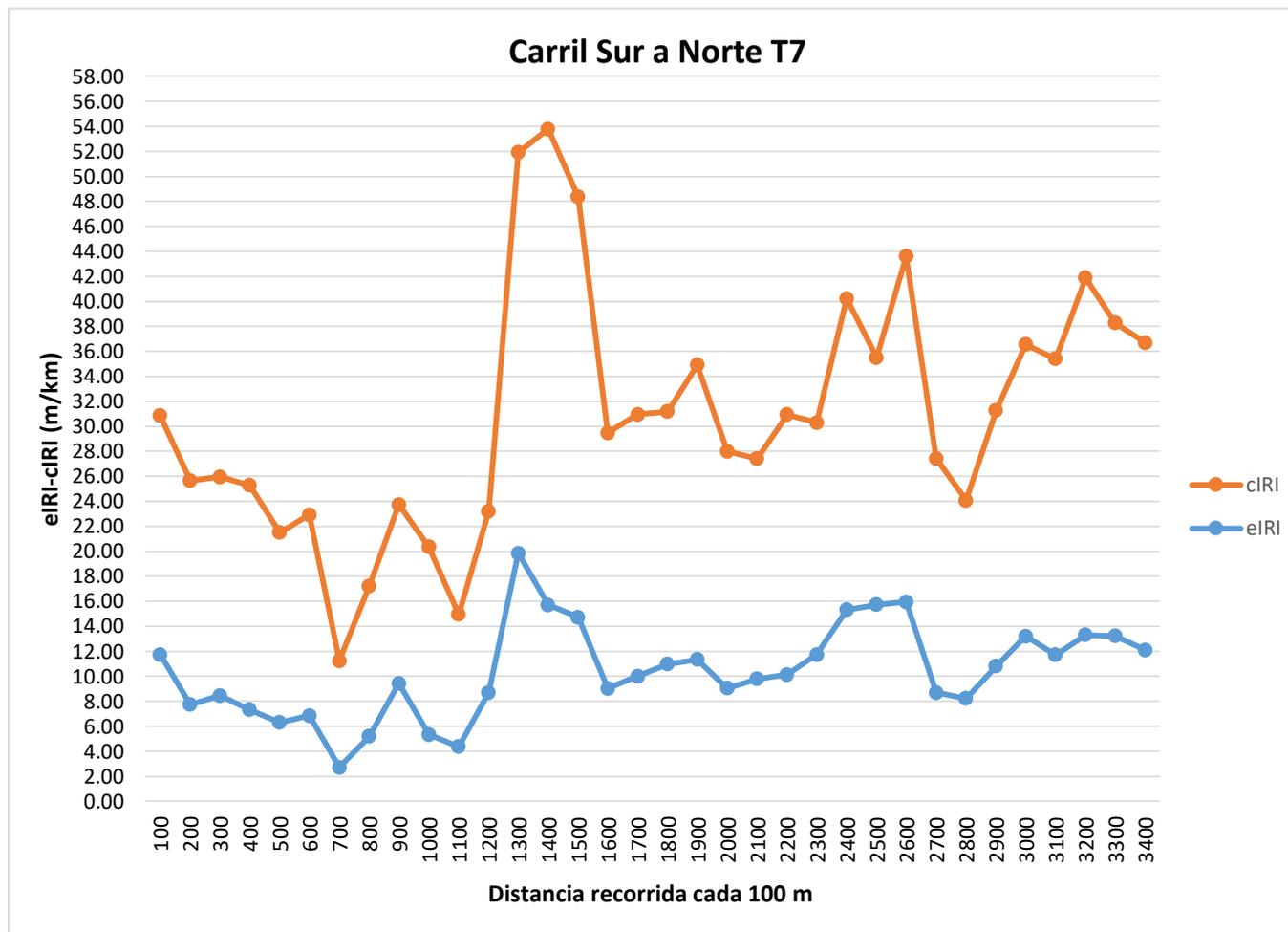


Figura 47. eIRI y cIRI del tramo 7 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 37. Resultado de los datos recolectados del tramo 7 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Promedio (m/km)	eIRI Promedio (m/km)	cIRI Promedio (m/km)
Carril Norte a Sur T7	Bueno	0	0	47.01	11.59	21.78
	Satisfactorio	1	2.94			
	No satisfactorio	3	8.82			
	Pobre	30	88.24			
	Total	34	100			

Grafico 7. Condición del pavimento T7 en porcentajes.

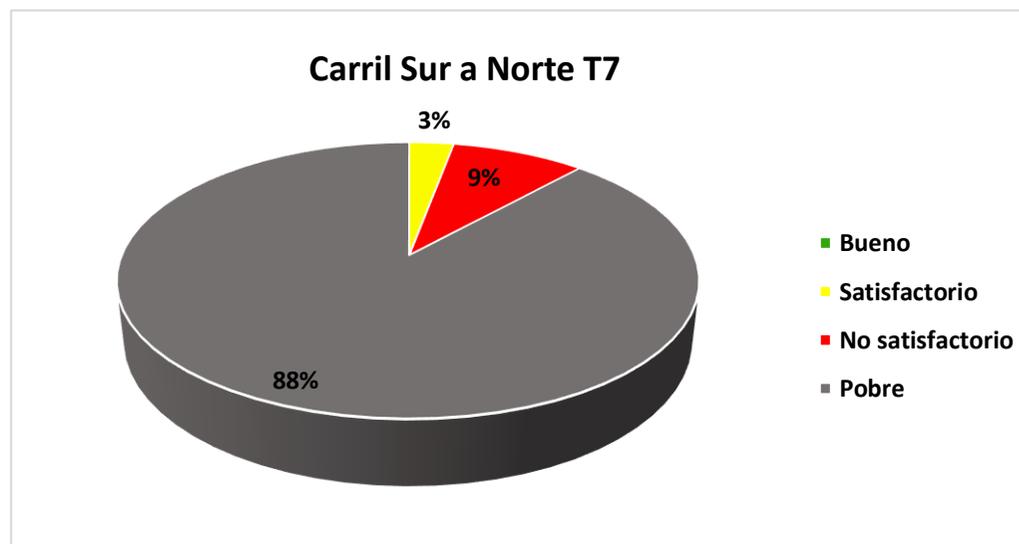


Tabla 38. Datos recolectados del sistema Roadroid en el T8.

DATOS RECOLECTADOS DEL SISTEMA ROADROID EN EL CARRIL SUR A NORTE T8										
cIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1										
N° De Puntos	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	04/07/2021 01:20	-14,045,627	-75,749,795	100	36.05	438.4	0	4.36	6.5	T8
2	04/07/2021 01:20	-14,044,858,884,814	-75,750,205,997,355	200	41.72	440.51	2.11	4.19	12.45	T8
3	04/07/2021 01:20	-140,439,733,098,513	-757,506,780,848,144	300	44.67	441.88	1.37	3.34	9.24	T8
4	04/07/2021 01:20	-140,431,581,955,669	-757,511,140,366,923	400	47.19	442.34	0.46	7.25	13.62	T8
5	04/07/2021 01:21	-140,424,854,995,826	-757,514,657,452,212	500	44.93	443.06	0.72	2.83	8.5	T8
6	04/07/2021 01:21	-14,041,699,855,373	-757,518,866,827,974	600	43.63	442.46	-0.6	2.86	9.93	T8
7	04/07/2021 01:21	-140,407,511,627,102	-757,523,918,657,409	700	46.72	441.64	-0.82	3.66	7.34	T8
8	04/07/2021 01:21	-140,400,659,633,956	-757,527,565,706,574	800	51.64	442.05	0.41	4.11	9.67	T8
9	04/07/2021 01:21	-140,392,558,562,635	-757,531,876,815,778	900	50.47	441.75	-0.3	2.34	6.97	T8
10	04/07/2021 01:21	-140,384,806,815,441	-757,535,944,934,284	1000	51.28	440.78	-0.97	2.66	8.42	T8
11	04/07/2021 01:21	-140,376,768,925,081	-757,540,201,412,246	1100	52.39	442.22	1.45	1.63	8.78	T8
12	04/07/2021 01:21	-140,368,361,325,503	-757,544,718,438,868	1200	52.74	443.25	1.02	4.34	8.79	T8
13	04/07/2021 01:22	-140,360,013,563,234	-757,549,226,542,874	1300	53.14	443.26	0.01	4.14	12.23	T8
14	04/07/2021 01:22	-140,351,453,524,726	-757,553,757,630,269	1400	53.52	442.66	-0.61	3.52	13.25	T8
15	04/07/2021 01:22	-140,345,125,692,777	-757,557,103,243,133	1500	54.56	442.74	0.08	4.67	13.97	T8
16	04/07/2021 01:22	-140,336,073,266,345	-757,561,869,682,552	1600	54.49	443.7	0.96	6.61	18.39	T8
17	04/07/2021 01:22	-140,327,061,373,098	-757,566,517,934,348	1700	53.72	443.66	-0.04	2.89	11.39	T8
18	04/07/2021 01:22	-140,320,798,503,547	-757,569,754,188,784	1800	54.05	443.65	-0.01	4.06	11.84	T8
19	04/07/2021 01:22	-140,311,989,272,789	-757,574,518,348,195	1900	54.03	444.05	0.4	2.36	12.01	T8
20	04/07/2021 01:22	-140,303,272,801,983	-757,579,197,838,943	2000	54.25	443.44	-0.61	4.69	12.95	T8
21	04/07/2021 01:22	-140,296,742,193,032	-757,582,598,093,877	2100	55.65	443.62	0.18	2.57	11.09	T8
22	04/07/2021 01:23	-140,287,282,652,053	-757,587,712,102,428	2200	56.4	444.43	0.8	3.97	11.71	T8
23	04/07/2021 01:23	-140,280,200,936,304	-757,591,341,048,103	2300	56.18	445	0.57	2.99	14.72	T8

24	04/07/2021 01:23	-140,270,616,513,325	-757,596,404,650,273	2400	54.81	446.09	1.09	2.3	8.69	T8
25	04/07/2021 01:23	-140,264,067,181,125	-757,599,702,908,689	2500	57.52	447	0.91	4.6	15.65	T8
26	04/07/2021 01:23	-140,256,338,682,058	-757,603,239,442,938	2600	64.8	446.73	-0.27	3.39	9.93	T8
27	04/07/2021 01:23	-140,246,214,552,337	-757,606,758,539,816	2700	66.72	446.67	-0.06	5.57	13.57	T8
28	04/07/2021 01:23	-140,238,803,594,365	-757,609,163,952,357	2800	68.24	446.7	0.03	6.42	18.6	T8
29	04/07/2021 01:23	-140,231,045,364,421	-757,611,511,058,348	2900	69.69	447	0.3	2.34	9.68	T8
30	04/07/2021 01:23	-140,219,526,955,669	-757,615,185,902,001	3000	69.22	448.02	1.02	3.55	11.27	T8
31	04/07/2021 01:23	-140,211,533,263,664	-757,617,661,395,694	3100	65.23	448.67	0.65	2.42	9.79	T8

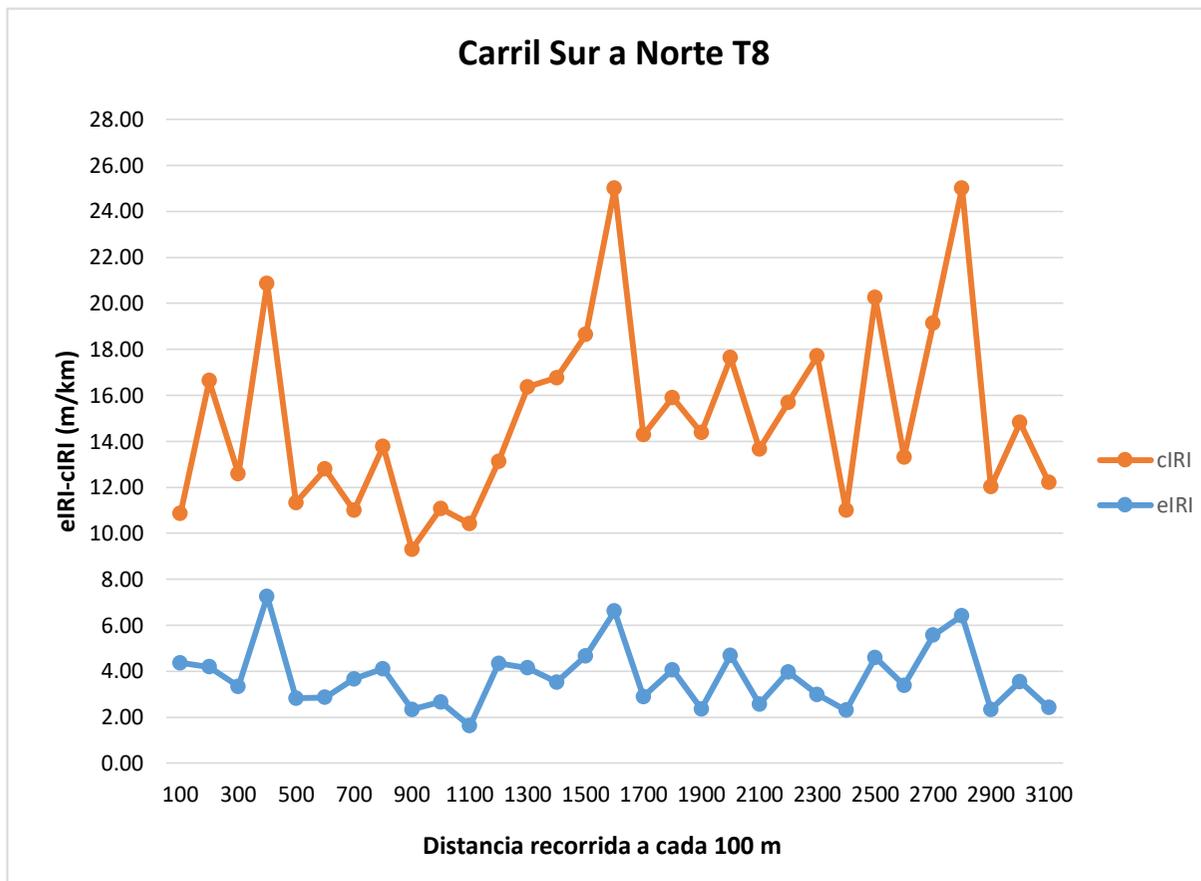
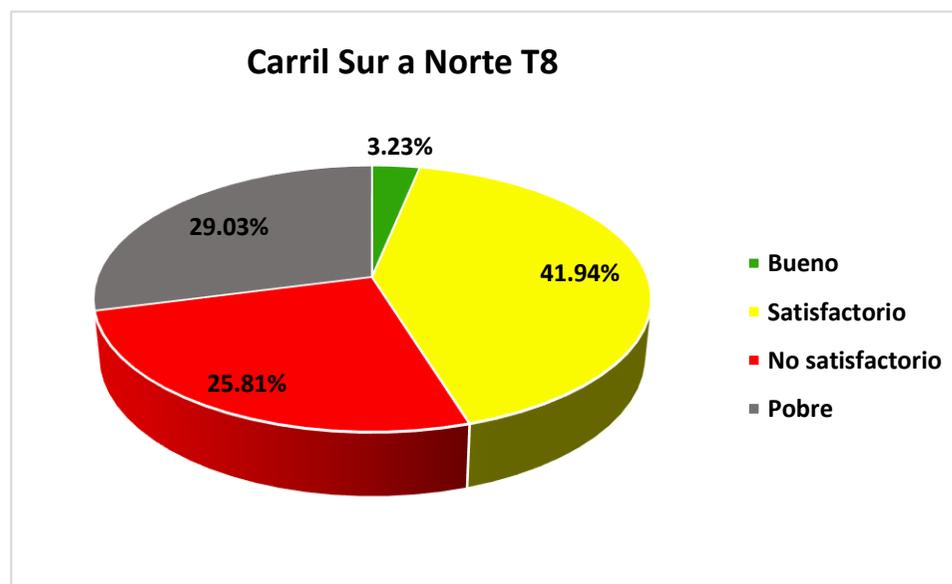


Figura 48. eIRI y cIRI del tramo 8 de la Panamericana Sur, Ica.

Tabla 39. Resultado de los datos recolectados del tramo 8 de la Panamericana Sur, Ica.

Nombre	Condición del camino	N° de puntos	% Porcentaje	Velocidad Promedio (m/km)	eIRI Promedio (m/km)	cIRI Promedio (m/km)
Carril Norte a Sur T8	Bueno	1	3.23	58.75	3.85	12.67
	Satisfactorio	13	41.94			
	No satisfactorio	8	25.81			
	Pobre	9	29.03			
	Total	31	100.00			

Grafico 8. Condición del pavimento T8 en porcentajes.



ANEXO N° 5: PANEL FOTOGRAFICO

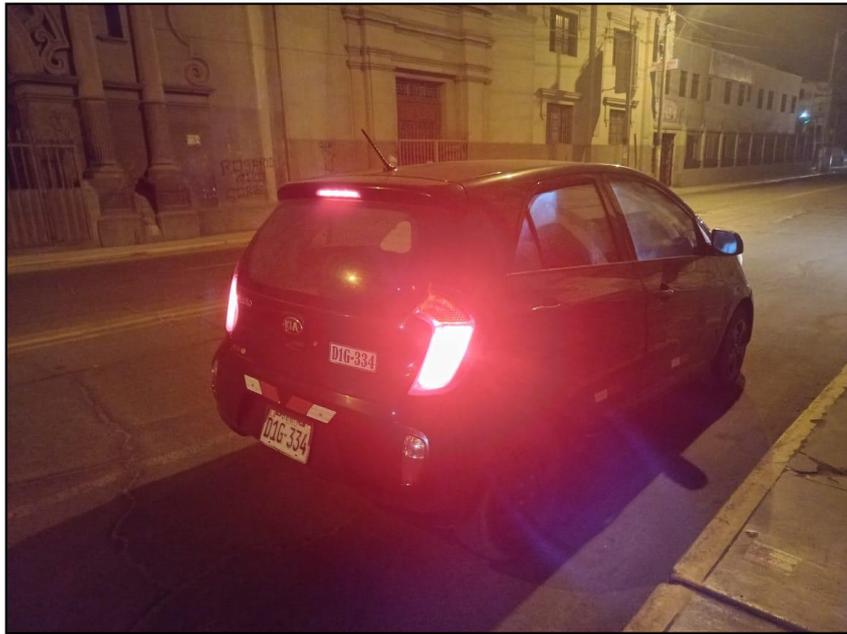


Figura 49. Realización de la toma de datos mediante el aplicativo Roadroid.



Figura 50. Instalación de sujetador en parabrisas del vehículo.

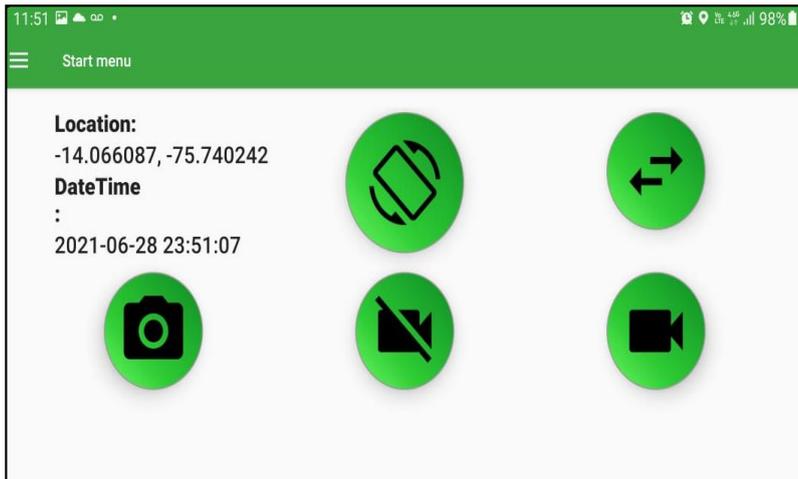


Figura 51. Proceso de calibración del Smartphone.

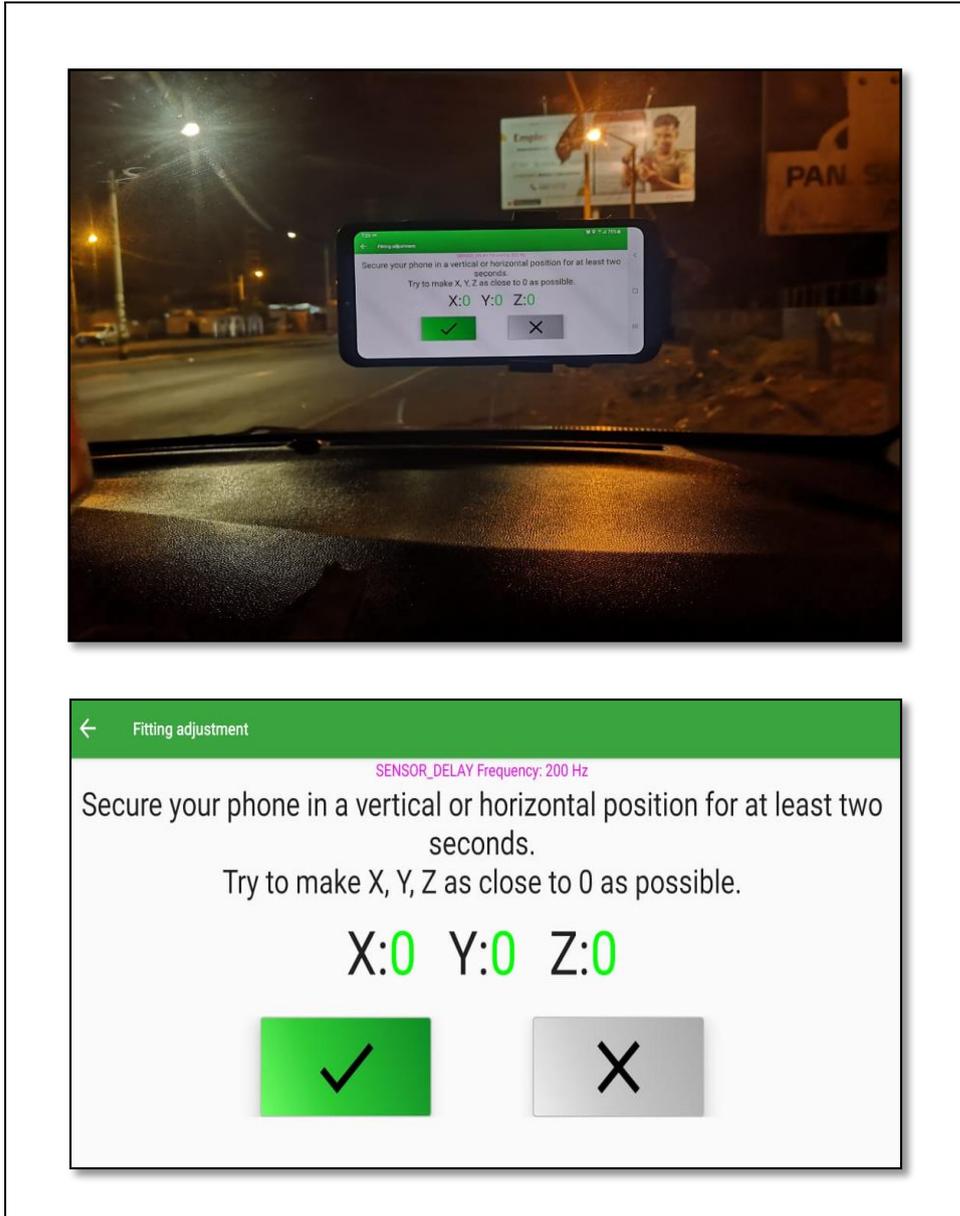


Figura 52. Smartphone calibrado en las coordenadas X,Y,Z.



Figura 53. Inicio de recolección de datos mediante el aplicativo Roadroid.



Figura 54. Asistente en la toma de datos (manejo del vehículo).

ANEXO N° 6 RECIBO TURNITIN



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: fanny susan Oyolo jimenez
Assignment title: CLASE_TITULACION_ING_CLEMENTE_
Submission title: E-mail to teacher
File name: TESIS_Br.FANNY_CAP_3.docx
File size: 4.87M
Page count: 68
Word count: 10,405
Character count: 56,552
Submission date: 20-Jul-2021 08:50PM (UTC-0500)
Submission ID: 1622169878

