FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación roadroid y equipo merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

De Los Santos Collahua, Leonard Stward (orcid.org/0009-0008-8748-0364)

Olivera Chilcon, Melissa Aracely (orcid.org/0009-0000-0785-9887)

ASESOR:

Mg. Villar Quiroz, Josualdo Carlos (orcid.org/0000-0003-3392-9580)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2024

DEDICATORIA

Primero a Dios por haberme permitido alcanzar este objetivo tan decisivo en esta etapa de mi vida profesional, a mi madre y por haberme educado y apoyado y a mi pareja por ser el motor y motivo de todos mis días, y a todas las personas que me rodean que a lo largo de este tiempo me han impulsado a culminar y cumplir mis metas propuestas.

Leonard Stward de los Santos Collahua

A Dios ya que sin el nada de esto estaría pasando, por ser la luz y el camino durante el periodo de desarrollo en mi vida profesional, a mi padres, abuelos y tíos por el apoyo incondicional durante mi formación académica, a mí misma por haber podido cumplir este objetivo en mi etapa profesional.

Melissa Aracely Olivera Chilcon

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirnos, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en los momentos difíciles, a mi madre por inculcarme valores y permitirme llegar hasta este momento importante en mi formación profesional.

A mi asesor, por la orientación y apoyo durante todo el proceso del desarrollo de tesis, a la universidad Cesar Vallejo por haberme permitido obtener conocimientos durante el desarrollo y haber permitido seguir desarrollándome profesionalmente.

Leonard Stward de los Santos Collahua

A Dios por iluminarnos y guiarnos en cada paso que damos en nuestras vidas y fortalecernos cuando más lo necesitamos, a mis padres, abuelos por educarme e inculcarme valores y formarme para poder desarrollarme en la vida.

A la universidad Cesar Vallejo por permitirme seguir creciendo como profesional y haberme brindado esta oportunidad de seguir con mi objetivo, a mi asesor Josualdo Villar Quiroz, por la oportunidad y sus conocimientos para poder culminar con el desarrollo de la tesis, y permitirme seguir creciendo profesionalmente**.**

Melissa Aracely Olivera Chilcon

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VILLAR QUIROZ JOSUALDO CARLOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL UTILIZANDO LA APLICACIÓN ROADROID Y EQUIPO MERLIN EN PAVIMENTOS DE CERRO AZUL CAÑETE 2023", cuyos autores son OLIVERA CHILCON MELISSA ARACELY, DE LOS SANTOS COLLAHUA LEONARD STWARD, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 26 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	**Firma**
VILLAR QUIROZ JOSUALDO CARLOS **DNI:** 40132759 **ORCID:** 0000-0003-3392-9580	Firmado electrónicamente por: JVILLARQ el 19-08-2024 11:25:20

Código documento Trilce: TRI - 0836149

INVESTIGA UCV

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, OLIVERA CHILCON MELISSA ARACELY, DE LOS SANTOS COLLAHUA LEONARD STWARD estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL UTILIZANDO LA APLICACIÓN ROADROID Y EQUIPO MERLIN EN PAVIMENTOS DE CERRO AZUL CAÑETE 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	**Firma**
LEONARD STWARD DE LOS SANTOS COLLAHUA **DNI:** 70145242 **ORCID:** 0009-0008-8748-0364	Firmado electrónicamente por: LLOSCO2 el 26-07-2024 21:03:24
MELISSA ARACELY OLIVERA CHILCON **DNI:** 71741673 **ORCID:** 0009-0000-0785-9887	Firmado electrónicamente por: MOLIVERACH10 el 26-07-2024 22:33:19

Código documento Trilce: TRI - 0836148

INVESTIGA UCV

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA……i

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTO iii

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR..... iv

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES v

ÍNDICE DE CONTENIDOS..... vi

ÍNDICE DE TABLAS.....viii

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS..... x

RESUMEN.....xiii

ABSTRACT xiv

I. INTRODUCCIÓN 1

II. MARCO TEÓRICO 4

III. METODOLOGÍA 18

3.1. Tipo y Diseño de Investigación 18

3.2. Variables y operacionalización..... 18

3.3. Población, muestra y muestreo..... 20

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos 21

3.5. Procedimientos 23

3.6. Método de análisis de datos:..... 56

3.7. Aspectos Éticos..... 58

IV. RESULTADOS 59

V. DISCUSIÓN..... 84

VI. CONCLUSIONES 88
VII. RECOMENDACIONES 90
REFERENCIAS 91
ANEXOS 97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables 19
Tabla 2. Tabla de IRI estimado (EIRI) de condiciones 33
Tabla 3. Datos carril izquierdo 48
Tabla 4. Datos carril derecho 50
Tabla 5. Índice de Rugosidad KM. 00+000 A 00+400 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 59
Tabla 6. Índice de Rugosidad KM. 00+400 A 00+800 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 60
Tabla 7. Índice de Rugosidad KM. 00+800 A 01+200 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 61
Tabla 8. Índice de Rugosidad KM. 01+200 A 01+600 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 62
Tabla 9. Índice de Rugosidad KM. 01+600 A 02+000 carril derecho externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 63
Tabla 10. Índice de Rugosidad KM. 02+000 A 02+400 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 64
Tabla 11. Índice de Rugosidad KM. 02+400 A 02+000 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 65
Tabla 12. Índice de Rugosidad KM. 02+000 A 01+600 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 66
Tabla 13. Índice de Rugosidad KM. 01+600 A 01+200 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 67
Tabla 14. Índice de Rugosidad KM. 01+200 A 00+800 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 68
Tabla 15. Índice de Rugosidad KM. 00+800 A 00+400 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 69
Tabla 16. Índice de Rugosidad KM. 00+400 A 00+000 carril derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 70

Tabla 17. Cálculo del Índice de Rugosidad del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 71
Tabla 18. Cálculo del Índice de Rugosidad del carril izquierdo en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 72
Tabla 19. Cálculo del Índice de Rugosidad del carril derecho en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 74

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Modelo de rugosidad automóvil 10
Figura 2. Pavimento Agrietado 13
Figura 3. Reposición del Pavimento 15
Figura 4. Funcionamiento de Roadroid 16
Figura 5. Procedimiento de análisis 23
Figura 6. Zona de Estudio 26
Figura 7. Delimitación de la carretera 27
Figura 8. Provincia de Cañete 28
Figura 9. Playa Cerro Azul 28
Figura 10. Inicio de carretera de Cerro Azul 30
Figura 11. Tomado de medidas 30
Figura 12. Marcado de Progresivas 31
Figura 13. Medida progresiva con cinta 31
Figura 14. Delimitado de Progresiva 32
Figura 15. Marcado de Progresivas 32
Figura 16. Gráficos en el tiempo 34
Figura 17. Aplicación roadroid 35
Figura 18. Serie de tiempo de IRI 35
Figura 19. Condiciones de la carretera Roadroid 36
Figura 20. Equipo de merlín 37
Figura 21. Equipo computarizado 38
Figura 22. Aplicación de técnicas computarizadas 39
Figura 23. Toma de datos 40
Figura 24. Datos de Tiempo, ERI, velocidad y distancia 41
Figura 25. Configuración de verticalidad del celular 41
Figura 26. Inicio de la grabación 42
Figura 27. Resultados de Velocidad 42
Figura 28. Grafica del EIRI 43

Figura 29. Grafica del CIRI 43
Figura 30. Clasificación de Resultados 44
Figura 31. Opciones de Texturas, rugosidad y CIRI 44
Figura 32. Armado del Equipo Roadroid 45
Figura 33. Medición de Rugosidad extremo derecho 45
Figura 34. Medición de Rugosidad extremo Izquierdo 46
Figura 35. Toma de lecturas 46
Figura 36. Recorrido del equipo Merlín 47
Figura 37. Velocidad carril izquierdo 51
Figura 38. EIRI Carril izquierdo 52
Figura 39. CIRI carril izquierdo 52
Figura 40. Velocidad carril derecho 52
Figura 41. EIRI Derecho 52
Figura 42. CIRI Carril Derecho 53
Figura 43. Carril izquierdo verificación 53
Figura 44. Carril derecho verificación 54
Figura 45. Serie de tiempo índice de rugosidad izquierdo 57
Figura 46. Serie de tiempo Índice de rugosidad Derecho 58
Figura 47. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+000 A 00+400 Carril Derecho Externo 76
Figura 48. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 0+400 A 00+800 Carril Derecho Externo 76
Figura 49. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+800 A 01+200 Carril Derecho Externo 77
Figura 50. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+200 A 01+600 Carril Derecho Externo 77
Figura 51. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+200 A 01+600 Carril Derecho Externo 78
Figura 52. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 02+000 A 02+400 Carril Derecho Externo 78

Figura 53. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 02+400 A 02+000 Carril Derecho Interno 79
Figura 54. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 02+000 A 01+600 Carril Derecho Interno 79
Figura 55. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+600 A 01+200 Carril Derecho Interno 80
Figura 56. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+200 A 00+800 Carril Derecho Interno 80
Figura 57. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+800 A 00+400 Carril Derecho Interno 81
Figura 58. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+400 A 00+000 Carril Derecho Interno 81
Figura 59. Tiempo vs Velocidad Carril Izquierdo 82
Figura 60. Tiempo vs EIRI Carril izquierdo 82
Figura 61. Tiempo vs CIRI Carril izquierdo 82
Figura 62. Tiempo vs Velocidad Carril Derecho 83
Figura 63. Tiempo vs EIRI Derecho 83
Figura 64. Tiempo vs CIRI Carril Derecho 83

RESUMEN

El proyecto fue realizado en Cerro Azul Cañete en Lima, en el año 2023, el cual tuvo como objetivo determinar el coeficiente de rugosidad con el método de Roadroid y de merlín para el proyecto Cerro Azul Cañete 2023, el cual es una carretera con una demanda vehicular bastante grande, considerando que esta vía sufre bastantes desgastes de rugosidad, donde se ha aplicado la inspección con aplicación roadroid y equipo merlín, donde se ha encontrado que la variación del coeficiente de rugosidad en los 5km de análisis de 2.93, 3.01, 3.76, 1.40, 1.60, 1.37, 1.40, 1.63, 1.37, 3.24 y 3.7, para su uso y verificación se ha probado con los sensores de roadroid y de merlín, los cuales han funcionado a velocidades de 26, 27, 32, 30, 13 m/s, según la velocidad de circulación del vehículo, se ha logrado medir y evaluar el índice de rugosidad, donde la rugosidad tienen valores promedio de 1.6, para el equipo roadroid, para el equipo Merlín se encontró un valor de 1.58, considerando que estos valores varían en el tiempo, además de ello se ha logrado identificar anomalías en la rugosidad, hay cambios fuertes o pasos por 0, que se puede ver directamente en los resultados del histograma, lo cual refleja que el pavimento o superficie se va deteriorar y va a sufrir problemas a futuro, es por ello que se identificó las zonas a cuidar la superficie del pavimento en las zonas que se está comentando, con el fin de que a futuro no debe de realizarse reposiciones o incluso reparaciones de bache.

Palabras Clave: Coeficiente de rugosidad, equipo Merlín, equipo Roadroid, pavimentos, pavimento flexible.

ABSTRACT

The project was carried out in Cerro Azul Cañete in Lima, in the year 2023, which aimed to determine the roughness coefficient with Roadroid and merlin method for the Cerro Azul Cañete 2023 project, which is a road with a fairly large vehicular demand, considering that this road suffers enough roughness wear, where the inspection has been applied with roadroid application and merlin equipment, where it has been found that the variation of the roughness coefficient in the 5km of analysis of 2. 93, 3.01, 3.76, 1.40, 1.60, 1.37, 1.40, 1.63, 1.37, 3.24 and 3.7, for use and verification has been tested with roadroid and merlin sensors, which have worked at speeds of 26, 27, 32, 30, 13 m/s, according to the speed of vehicle traffic, it has been possible to measure and evaluate the roughness index, where the roughness have average values of 1. 6, for the roadroid equipment, for the Merlin equipment a value of 1. 58, considering that these values vary over time, in addition to this it has been possible to identify anomalies in the roughness, there are strong changes or steps by 0, which can be seen directly in the results of the histogram, which reflects that the pavement or surface will deteriorate and will suffer problems in the future, which is why it was identified areas to take care of the pavement surface in the areas being discussed, in order that in the future should not be carried out replacements or even repairs of potholes.

Keywords. Roughness coefficient, Merlin equipment, Roadroid equipment, pavements, flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el deterior del pavimento y el Índice de Rugosidad es una realidad, ya sea por el paso del tiempo o por los efectos climáticos que caen sobre una determinada localidad, lo cual desemboca en que se deba de tener supervisión constante, mayormente sobre las vías que quedan en lugares alejados de la ciudad, esto porque las mismas no tienen supervisión de personas constantemente solo son revisadas por los mismos usuarios, desembocando en accidentes de tránsito o problemas de manejo, para ello se realiza tareas de evaluación, que consisten en la revisión y rehabilitación de la carpeta asfáltica, ya sea revisando el índice de rugosidad o evaluando daños mayores como grietas en el pavimento. (Rahmzadeh, 2018).

En Francia se han tenido problemas de baches, estos agujeros se han formado inicialmente con una pérdida de Índice de Rugosidad en la superficie, por problemas como heladas, lluvias o un uso constante, es por ello que las autoridades han salido a rehabilitar las vías en este estado, también se ha implementado un sistema de control del pavimento, usando las cámaras que también sirven para control ciudadano se puede monitorizar el estado del pavimento identificando zonas con problemas de rugosidad o posibles problemas a futuro, para que reciban un tratamiento previo y que no se llegue a deteriorar la superficie. (Cisneros, 2019).

En España se ha tenido problemas con el Índice de Rugosidad, por el desprendimiento, este problema se da por una mala adherencia del pavimento, también porque este puede tener problemas de nivel freático, lo cual daña y lava la base, dejando libre el material a que estructuralmente no resista la presión las llantas y que se despenda fácilmente, también el problema con la compactación puede traer problemas dado que el material debe ser una unidad completa, este y otros problemas. (Nuzzo, 2019).

Aunque el valor de rugosidad del pavimento ha sido objeto de un seguimiento exhaustivo y rápido en Perú, han persistido los problemas tanto con el valor como con el estado de la superficie, esto ya sea por las lluvias, por el frio o por problemas de construcción, esto ha llevado a que se deba de realizar un controla más seguido, sin

embargo para ello actualmente se utilizan pruebas de campo, lo cual no es eficiente, además de muy costoso, si se pudiera aplicar una técnica más eficaz, rápida y más económica, esta podría mejorar la calidad de la superficie de una manera más rápida, lo cual significaría una ayuda para los pobladores. (Jinkoo Kim, 2020).

Es por ello que el uso de ensayos puede traer problemas a futuro, como la alta dependencia de estos métodos y el gastos grandes que traen, así como la especialización que requieren en su uso, lo cual puede evitarse al usar técnicas como Roadroid y equipo Merlín, que no necesitan preparación o que son económicas para el usuario, en ello radica la ventaja y el uso que tiene estos métodos basados en imágenes, por otro lado también se tiene un problema latente, el uso de estas tecnologías también requiere de un código o de una norma, dado que puede no controlarse bien si no se usan elementos de control, Según (Villegas, 2019).

Otra de las razones por las que es necesario revisar la estructura y la forma del pavimento con Roadroid y equipo Merlín, es para evitar accidentes, es bien conocido que la rugosidad de un pavimento depende de la forma y de como este se encuentre en su uso, pavimentos con bastante uso pierden rigidez y puede hacer que el cambio patine, lo cual es un problema al momento de realizar maniobras en la conducción de vehículos, todo ello genera que se deba de estar controlando la superficie o mejorándola, Según (Aguiar ,2016).

Teórica. Es mediante esta investigación que trataremos de innovar y alimentar nuestros conocimientos sobre el comportamiento de los pavimentos mediante la comparación IRI utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín, a los que se aplicarán teorías, conceptos y procesos de ingeniería y económico

Práctica. En la actualidad existen una problemática en las vías, estas necesitan un control sistemático, dejar que la misma se deteriore hasta un punto de no retorno como que no puede ser válido, es por ello que se debe de controlar constantemente realizando mantenimientos, ubicaciones y revisiones, también es necesario realizar revisiones o soluciones variadas según los avances tecnológicos.

Metodológica. En el siguiente estudio la recolección de datos será las fuentes de mediante el uso de Merlín, cada uno de los instrumentos y equipos utilizados en este procedimiento, deberán ser validados por especialistas y certificados

Metodológicamente se hará uso de 2 instrumentos, los cuales son guías de observaciones y fichas resúmenes, los cuales sirven para juntar todos los resultados de los análisis y que puedan ser revisados por el especialista a cargo, escuchando y aplicando las modificaciones que se nos pida, para poder presentarlos.

Social. Se propone como alternativa una comparación del nivel de rugosidad y factor de rugosidad IRI del pavimento de Cerro Azul Cañete, el fin social es mejorar la transitabilidad, mejorar la producción y ayudar con los problemas de deterioro que pueda tener la zona, problemas como la destrucción parcial del pavimento o de su superficie de rodadura.

Es por ello que el Objetivo general es. Comparar el índice de rugosidad internacional del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023 con la aplicación Roadroid y equipo Merlín, para cumplirlo también se considera los Objetivos específicos. Medir y evaluar el índice de rugosidad con Roadroid en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023, Medir y evaluar el índice de rugosidad con Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023, Comparar los resultados del histograma de repeticiones obtenidos con Roadroid y Merlín, Comparar los resultados del índice de rugosidad obtenidos con Roadroid y Merlín.

Según Baptista (2019) No todos los estudios cuantitativos están motivados por una hipótesis. Un elemento crucial determina si se desarrollan o no hipótesis en un estudio de investigación: el enfoque original del estudio..

Esta investigación por ser de tipo cuantitativo y de nivel descriptivo no será necesario utilizar hipótesis.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según Moyana (2020), en su ficha de investigación “Procedure to determine the International Roughness Index with a mobile application in Piura”, determino que el objetivo de Mejorar el índice de rugosidad internacional y disminuir tiempos se desarrolló, se ha realizado un estudio del tipo aplicado, considerando alcance descriptivo, para mejorar el procedimiento también se ha hecho uso de un enfoque mixto, el cual es parte del diseño cuasi experimental, se tiene un total de 40 trabajadores en el proyecto, los cuales tomaron medidas de todo el pavimento con el método Merlín, así como realizaron una revisión total de la superficie, el equipo Merlín realiza mediciones directamente sobre la superficie, tomando la deformación y desplazamientos sobre el recorrido de un vehículo, el cual a su vez es movilizado, por otro lado los pobladores de la zona han presentado varias solicitudes y problemas con el recorrido de los vehículos en las vías, viendo sanciones y posibles controles para los conductores que deterioren más las vías.

El aporte de la investigación consiste aplicar una serie de técnicas que puedan detectar el deterioro del índice de rugosidad de manera temprana, obteniendo esta data para aplicar rehabilitaciones de superficie o la reposición parcial de estos tramos de pavimento.

Según Cotrinas (2021), en su artículo titulado “Determination of the international roughness index (IRI) and the physical and mechanical properties of Km 00 + 000 to Km 09 + 000 of asphalt layer of the EMP.PE-5N route (DV. Lamas), Lamas province, San Martín department”, Cuyo objetivo fue el Calcular la deflectometría para ello la metodología que usaron fue el diseño transversal de la etapa de planificación, lo cual se ha realizado considerando todo el tramo de la vía, desde el inicio hasta el final, se ha tenido los problemas que la estructura del pavimento, que tienen poca cantidad de rugosidad, así como otros problemas de superficie y de rodadura, lo cual deja a que se deba a desarrollar una serie de medidas en campo, así como un control de estos resultados, todo con el fin de evaluar las estrategias

de planificar y generar el obedecimiento de los estándares mínimos de la normativa vigente, todo a concluido con la evaluación mejora, para la identificación del estado inicial y final de estrategias, que puedan ayudar a controlar adecuadamente el proceso de rodadura en las carreteras, así como la conclusión y la base de evaluación de estos estándares que la empresa pide, así como un estado crítico.

Como aporte ante la investigación se determinó que la calificación de servicios se podrá mejorar a través del índice de rugosidad y sus parámetros; y La toma de lecturas de campo se debe de realizar con responsabilidad ya que de ellas dependen que los ensayos realizados sean evaluados correctamente.

Según Montoya (2019), en su artículo “Analysis of the ire for a concessioner sinuous highway project in Peru”, se tuvo como objetivo la Evaluar el impacto que tienen el IRI o el coeficiente de rugosidad del pavimento, es por ello que se ha tomado varias vías de origen a destino, considerando las mediciones en campo, las cuales fueron procesadas, para evaluar en base a las vibraciones, la forma en que se mueve el recolector de vibraciones cuanto recorre cada una de las vías en estudio, luego de haber realizado este procedimiento de medición se procedió a verificar que tantos problemas de rugosidad tenían las carreteras, encontrando que las actividades se pueden llegar a interrumpir en un cierto tiempo, es por ello que las carreteras en estudio en su mayoría necesitan un tratamiento para la reposición de la rugosidad del pavimento, en lo que también se realizado la sugerencia de estas modificaciones y pruebas.

Del mismo modo, comprender la verdadera relación entre los valores IRI de diseño y la geometría de la carretera nos ayudará a mejorar la lógica en el establecimiento de los requisitos técnicos. Se facilitaron fichas técnicas como contribución a la investigación para utilizarlas como carreteras de control en otros nuevos proyectos.

Según Cabanillas (2018), en su tesis de maestría, “Análisis del índice de rugosidad internacional del área Panamericana Norte - Trujillo” tuvo como objetivo mantener las modificaciones que se han propuesto para la mejora del índice de rugosidad en la carretera de estudio, se ha realizado esto con la finalidad de reparar las fisuras

internas, para poder evaluar estos resultados se ha verificado el nivel de desempeño a nivel operativo que tiene la vía con el movimiento del vehículo mientras este recorre la superficie, se han considerado también grupos de intervención, donde no se tuvo diferencia estadística significativa en las tasas de flujo que fueron calculadas, también se ha usado el enfoque PDCA, para poder mantener los resultados en el tiempo.

Un propósito primordial de la revisión del coeficiente IRI es el uso de la rugosidad en el pavimento para mejorar el tránsito de los vehículos, también se ha utilizado otras opciones para medir el IRI, la cual es el uso de cámaras de vigilancia, las cuales por medio de fotos detectan cuando el pavimento tiene problemas en su superficie o con su estabilidad estructural superficialmente o totalmente.

El aporte de la investigación consiste en encontrar la forma de mejorar el nivel práctico y teórico del análisis de rugosidades, también se busca localizar las condiciones comparativas de datos históricos a través de superficies perfectas y los resultados de análisis por el método de Merlín y roadroid, dado que el pavimento se encuentra en estado de regular a malo.

Según Arriola (2021), en su investigación para lograr el título profesional de Ingeniero Civil se debe utilizar el programa Roadroid en un smartphone y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de la avenida Ejército en la zona de Andahuaylas en el 2021, tuvo como objetivo gestionar las acciones de rugosidad debido a la actividad minera a cielo abierto está asociada con un número considerable de incidentes/accidentes. Como metodología se utilizó análisis experimental sujeto a evaluación directa. Por lo tanto, se han utilizado los resultados de los IRI con el uso de otros dispositivos o experimental poco convencionales como el Roadroid, el cual también puede ser aplicado con el equipo Merlín, este mismo representa una solución para el problema de recorrido linear que puede tener la superficie, considerando grados de similitud de hasta del 5.27% y 3.77%, los cuales han sido medidos del norte al sur, para todo ello se ha estimado valores del 2.7 m/ km, considerando técnicas de aproximación linear y parabólica, para la aplicación del

Roadroid se ha considerado un valor de 2.59 m/km , para los cálculos usando Merlín, se encontró en conclusión, el valor estimado del IRI para el carril derecho es de 1,49 m/km, mientras que su valor para el carril izquierdo es de 1,41 m/km. El resultado es un valor medio de 1,45 m/km para toda la carretera, que no es comparable debido a la escasa correlación entre los datos recogidos en ambas direcciones.

El aporte consiste en el cálculo del PSI, el cual sirve para indicar no solo el índice de rugosidad sino también para verificar si el pavimento es eficiente y de esa manera contrastarlo con los resultados obtenidos al ejecutar mantenimiento rutinario para mantenerlo en el estado necesario.

Según Tuesta (2021), en la tesis que realizó para obtener su título profesional de Ingeniero Civil. "Análisis de la variabilidad del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la carretera Baños del Inca - Llacanora, utilizando el equipo MERLIN y la aplicación Roadroid en un Smartphone", tuvo como objetivo determinar la forma en que se aplica cada uno de estos índices de rugosidad, considerando también los peligros que se exponen en dedicadas zonas del control urbano de las plagas, se ha analizado también los resultados descriptivos y transversales, para la resolución de la guía técnica , encontrando que se divido todo en 4 partes, las cuales utilizan resultados de 805 de empresas, cumpliendo un 24% de los estándares, es por ello que se consideraron los peligros que existen en establecer las medidas de control para todo el proceso, en base a todo ello se a armado la resolución 1111, la cual fue propuesta en el año 2017, donde se proponen varios métodos para evaluar este procedimiento, también se tiene la GTC 45 del año 2012, donde se busca estudiar un grupo de 5 empresas, para que de manera voluntaria se realizar el cumplimiento del procedimiento, todo considerando que se debe tener un daño menor al 80% del índice de rugosidad base para considerar que la rugosidad del pavimento está intacta, también se evalúa un 24% de los estándares, viendo que sus efectos no sean mayores que el valor de usar un EPP, para los valores de revisión, es por ello que la implementación de los resultados reconoce de manera precisa todos los valores de rugosidad y sus posibles valores a futuros.

El aporte consiste en buscar métodos estimados para el cálculo de los promedios del índice de rugosidad en los pavimentos para optimizar las condiciones de trabajo y reducir la exposición laboral a problemas en la superficie de la vía, con el fin de reducir los problemas que puede tener.

Según Condori (2021), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, “Modelo matemático y medición para estimar el Índice de Regularidad Internacional (IRI) preciso en carreteras sinuosas Caso. Tramo Urcos – Ocongate de la Red Vial PE-30C Región Cusco”, tuvo como objetivo Identificar el procedimiento y la metodología que se debe de aplicar al realizar una estimación del cálculo del indicie de rugosidad, así como revisar en las carreteras el factor de rugosidad, con el equipo Merlín, los cuales producen la reducción de rugosidad de hasta un 68.3%, este es el valor que se ha encontrado en las vías en estudio, para casos en promedio, para los casos en su mayoría se han encontrado un valor de 82.3%, concluyendo en que la implantación de la revisión total compromete y concientiza a la población sobre los problemas que tiene el proyecto, al final el propósito de todo es poder revisar cada tramo de la vía, para poder encontrar como esta es afectada por el procedimiento de revisión de superficie, para finalmente encontrar como se ve esta variación, la cual no es uniforme en la mayoría de los casos, es por ello que se propone que esta se mantenga.

Para el aporte del proyecto y la solución se lleva a cabo un control efectivo para la prevención de tiempos muertos a través del uso eficiente del índice y su precisión, además hay que tomar en cuenta que los os teléfonos inteligentes que tienen un sensor de acelerómetro se pueden utilizar para determinar la calidad de la carretera utilizando el método del Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

Según Flores (2021), en su investigación “Determinación de los parámetros físicos y mecánicos de la carpeta asfáltica desde el km 00 + 000 hasta el km 09 + 000 en la ruta EMP.PE-5N (DV. Lamas), provincia de Lamas, departamento de San Martín, así como el Índice Internacional de Rugosidad (IRI)”, cuyo objetivo fue explorar el efecto del ciclo para la satisfacción de los clientes, utilizando como metodología la

creación de áreas superiores que sirven para la satisfacción de los grupos de control con valores de porcentajes menores al 0.1%, estos enfoques han logrado que el control del índice de rugosidad sea más efectivo y que sea más uniforme sobre todo el área en estudio, se busca también reducir la incidencia de riesgos , para finalmente verificar el procedimiento y los resultados del índice de rugosidad, con lo que se tiene los resultados finales para las rugosidades superficiales variadas de cada pavimento, el propósito es revisar también los riesgos que incluyen la perdida de rugosidad superficial.

Entre los resultados, la satisfacción de los clientes del grupo PDCA fue significativamente mayor que la del grupo control (P<0,001). Bajo este marco, se concluye que se puede mejorar efectivamente la calidad de la atención y el efecto para mejorar la satisfacción del paciente y reducir la incidencia de riesgos.

El aporte de la investigación consiste en la mejora de la carpeta asfáltica, la cual se podrá mejorar a través de la evidenciarían de condiciones actuales de las vías e índice de rugosidad, para ello se propone un procedimiento sistemático, que consiste en el uso de cámaras y de sensores para el movimiento de vehículos, los cuales nos dan un estimativo del índice de rugosidad, así como otros posibles problemas que pueden ocurrir en el tiempo de vida del pavimento.

2.2. Bases Teóricas

El pavimento es la capa superior de una carretera, calle, camino, acera o cualquier superficie destinada al tránsito de vehículos y/o peatones. Su propósito principal es proporcionar una superficie resistente y nivelada para permitir un desplazamiento seguro y eficiente de vehículos y personas. (García, 2019)

Moreta (2019) El pavimento puede estar hecho de diversos materiales, como asfalto (también conocido como pavimento asfáltico o pavimento bituminoso), concreto, adoquines, grava, o una combinación de estos materiales. La elección del tipo de pavimento depende de varios factores, como el tráfico vehicular, las condiciones climáticas, el presupuesto y la durabilidad requerida.

Según Moreta (2019) El pavimento desempeña un papel crucial en la infraestructura de transporte, ya que proporciona una superficie de rodadura segura y duradera para vehículos, contribuyendo así al funcionamiento eficiente de las redes de carreteras y calles. Además, el mantenimiento adecuado del pavimento es esencial para garantizar su longevidad y seguridad.

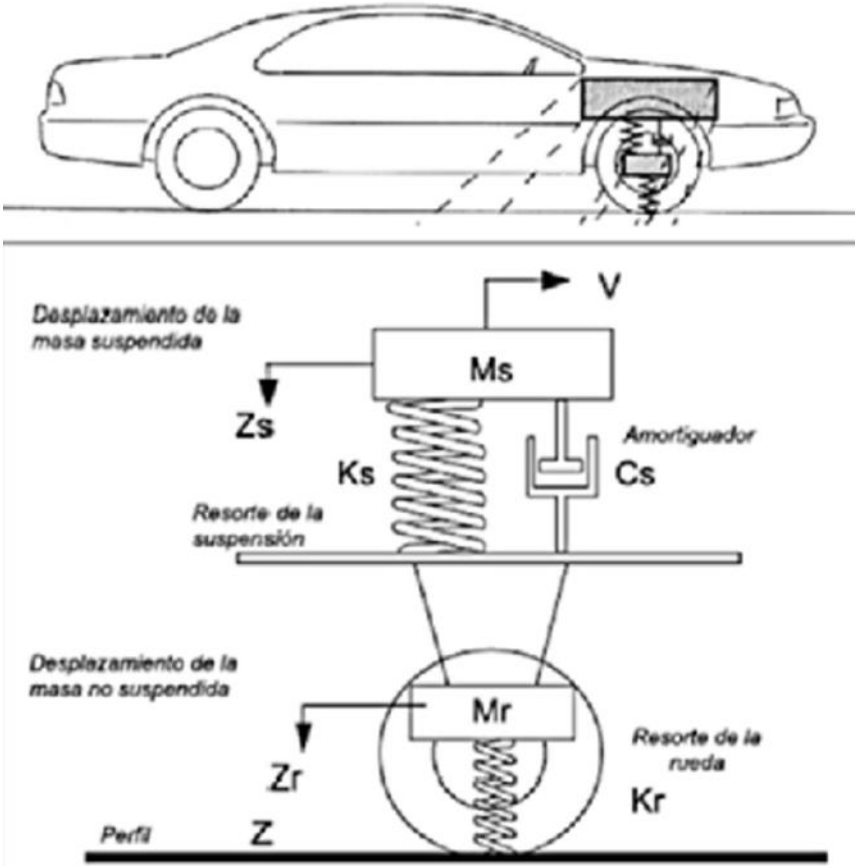


Figura 1. Modelo de rugosidad automóvil

Índice de Rugosidad, Es decir, la precisión de la medición y el conocimiento completo de los índices de desempeño del pavimento, junto con la correcta caracterización de la estructura del pavimento y el tráfico solicitado, son la base de todo el sistema de gestión de pavimentos, y las imprecisiones en la determinación de estos elementos provocarán resultados poco realistas y, en consecuencia, , toda la programación y planificación de las intervenciones de mantenimiento y rehabilitación se verá perjudicada y, prácticamente, sin valor. (García, 2019)

El índice denominado irregularidad longitudinal de los pavimentos, relacionado con el confort y la rodadura, cuyo estudio de las curvas de proyección de este parámetro es objeto de este trabajo, será abordado en detalle en el capítulo 6, en el que se define qué es la irregularidad longitudinal, cuál es su importancia. para los sistemas de gestión de pavimentos y los equipos utilizados en su medición (García, 2019).

Índice de Rendimiento por rugosidad. El análisis de desempeño de pavimentos, parte fundamental del sistema de gestión de pavimentos, debe realizarse en base a varios parámetros, conocidos como Índices de Desempeño. (Moreta, 2019)

Por lo general, estos índices de desempeño se miden en campo y sus valores se proyectan para años futuros a través de ecuaciones de pronóstico de desempeño, de manera que se puede determinar el período de tiempo restante para que un determinado índice de desempeño alcance su valor límite establecido como máximo permisible. (Moreta, 2019)

Indicadores de Rendimiento por Manejo, Indicadores de rendimiento influyen en la progresión de la irregularidad longitudinal a lo largo del tiempo y, por tanto, se utilizan como datos de entrada en los modelos de progresión de la irregularidad. Además, los indicadores que se presentan a continuación son de suma importancia para las evaluaciones estructurales del pavimento y para estudios relacionados con la seguridad del usuario. (Moreta, 2019).

Son ellos.

- hundimiento en huellas de ruedas
- condiciones de adherencia
- agrietamiento
- flecha elástica o recuperable

Hundimiento de Pavimento, El hundimiento de los pavimentos, a lo largo de las huellas de las ruedas, se produce por la solicitación de la carga impuesta por el tráfico de vehículos pesados, o por la consolidación diferencial de las distintas capas del pavimento y/o su subrasante, que también puede resultar de la compactación.

problemas y consisten en la deformación permanente de una o más capas de pavimento. (Rondón, 2012)

- el revestimiento de hormigón asfáltico aporta el 32%;
- base de grava al 4%;
- subbase en un 45%;
- subrasante al 9%.

Condiciones de adherencia, Uno de los parámetros de desempeño más importantes para los pavimentos es la seguridad de los usuarios. La seguridad vial está siendo cada vez más valorada, convirtiéndose en una parte esencial de los sistemas de gestión de pavimentos. (Rondón, 2012)

Las condiciones de seguridad vial están en función del trazado vial (diseño geométrico), de la señalización horizontal y, principalmente, de las condiciones de adherencia neumático/pavimento, influidas por la presencia o ausencia de agua y sustancias contaminantes, la presencia o ausencia de huellas de ruedas acentuadas y por la resistencia al deslizamiento (en función de varios factores, entre ellos, la macro y micro textura de los recubrimientos). (García, 2019)

De esta forma, los índices de desempeño relacionados con la condición de seguridad de los pavimentos, que serán abordados en este capítulo, son los que traducen el grado de resistencia al deslizamiento, es decir, los que miden la macro textura de los pavimentos (ensayo de mancha de arena) y factores relacionados con la fricción neumático-pavimento (García, 2019).

Pruebas Consecuentes, La prueba del parche de arena culmina con la determinación del índice conocido como altura de la arena, que es una medida de cuán rugoso es el pavimento. Este índice está relacionado con la macro textura del pavimento y es función de la composición de la masa que conforma la capa de rodadura y del tipo de árido, y varía en el tiempo en función del desgaste de los áridos gruesos por el tráfico solicitado. (García, 2019)

El ensayo consiste en estimar la altura de la arena determinando el radio de la mancha de arena, aproximadamente circular, que se obtiene esparciendo una cantidad predeterminada de arena con un rango granulométrico determinado, o de microesferas de vidrio, en una porción del suelo, con equipos de esparcimiento estandarizados (García, 2019).

García (2019) La altura de la mancha de arena obtenida se compara con una tabla de referencia y, entonces, el pavimento se puede clasificar en liso, medianamente rugoso, rugoso o muy rugoso.

La prueba de resistencia al deslizamiento realizada con el Péndulo Británico, que no está estandarizado en Perú, consiste en una prueba puntual que simula el frenado de un vehículo en condiciones húmedas, obteniendo el VRD (valor de resistencia al deslizamiento), cuyo valor indicará, por comparación con la referencia tablas, si el pavimento está dentro de los límites de seguridad aceptables en cuanto a la distancia segura de frenado en condiciones críticas (García, 2019)

Figura 2. Pavimento Agrietado

Zonas agrietadas, Uno de los principales síntomas de la fatiga del pavimento asfáltico es el agrietamiento superficial, que se presenta de diferentes formas y con distintas intensidades. Dicho esto, la predicción de la evolución del área con fisuras interconectadas, a lo largo del tiempo, es uno de los principales parámetros de los sistemas de gestión de pavimentos, siendo incluso utilizado en las ecuaciones de

predicción del comportamiento de otros índices, como el de irregularidad longitudinal, como parámetro de entrada (Rondón, 2012)

Deflexiones libres, El parámetro de deformación recuperable, o deflexión del pavimento, es de suma importancia, no solo como dato de entrada para predecir la evolución de otros índices de desempeño, sino también como parámetro fundamental utilizado en varios métodos de diseño de refuerzo repavimentación de pavimentos asfálticos. (Guyer, 2019)

Las flechas o deformaciones recuperables se presentan en los pavimentos viales flexibles debido a sus características elásticas y consisten en el arqueamiento de las capas del pavimento debido al requerimiento que impone la rueda del vehículo que transita sobre su superficie en el tramo bajo análisis, cesando cuando la rueda se desplaza a otro tramo del pavimento y vuelve a arrancar cuando hay un nuevo requerimiento del tráfico, siendo su repetición la responsable del fenómeno de fatiga del pavimento (Guyer, 2019)

Roadroid y equipo Merlín, Con el objetivo de solucionar los inconvenientes enumerados anteriormente, se desarrollaron refractómetros de impacto para medir deflexiones, que actúan dinámicamente, simulando la acción del eje de un camión sobre la superficie del pavimento, de impacto, y utilizan un peso que se eleva hasta una altura preestablecida y se suelta en caída libre para alcanzar una placa apoyada en la superficie del pavimento, que transmite una fuerza de impulso a la estructura, simulando el efecto del paso de vehículos. El equipo registra la respuesta del pavimento al impacto a través de un conjunto de sensores posicionados longitudinalmente, desde el centro de la placa (Guyer, 2019)

Reposición de pavimento, La reposición o rehabilitación del pavimento es un proceso importante para mantener la infraestructura vial en buenas condiciones. Hay varios métodos que se utilizan para reponer o rehabilitar pavimentos dañados o desgastados. Algunos de los métodos comunes incluyen. (Rondón, 2012)

Reciclaje in situ. Fresado y reposición. En este método, se retira la capa superior dañada del pavimento mediante fresado y se reemplaza por una nueva capa de asfalto o concreto. (Rondón, 2012)

Estabilización del suelo. Este método implica el tratamiento del suelo existente con estabilizadores químicos o mecánicos para mejorar su capacidad de soporte antes de aplicar una nueva capa de pavimento. (Guyer, 2019)

Sobreposición. Re superposición asfáltica. Se coloca una nueva capa de asfalto directamente sobre el pavimento existente, lo que puede mejorar la superficie y la resistencia sin retirar el pavimento antiguo. (Guyer, 2019)

Colocación de una nueva capa de concreto. Este método implica verter una nueva capa de concreto sobre el pavimento existente, generalmente cuando se necesita una mayor resistencia y durabilidad. (Rondón, 2012)

Figura 3. Reposición del Pavimento

Reconstrucción. Remoción total y reemplazo. En casos de pavimentos gravemente dañados o desgastados, se retira todo el pavimento existente y se construye uno completamente nuevo. Esto incluye la construcción de una nueva base y subbase si es necesario. (Moreta, 2019)

Sellado de grietas y bacheo. El sellado de grietas y el bacheo son métodos de mantenimiento preventivo que se utilizan para reparar daños localizados en el pavimento sin la necesidad de una reposición completa. Esto incluye rellenar grietas y reparar baches para extender la vida útil del pavimento existente. (Guyer, 2019)

Según Guyer (2019) La elección del método de reposición del pavimento depende de varios factores, como la condición del pavimento, el presupuesto disponible, el tráfico en la carretera y otros aspectos logísticos. Los ingenieros y profesionales de carreteras evaluarán la situación y seleccionarán el método más adecuado para garantizar la seguridad y la durabilidad de la carretera o calle.

Procedimiento de Roadroid, Roadroid es una aplicación móvil que se utiliza para medir la rugosidad de la carretera o pavimento a través de un smartphone o dispositivo móvil. Esta aplicación utiliza el acelerómetro y el giroscopio del dispositivo para registrar datos de vibración y movimiento, lo que proporciona información sobre la calidad del pavimento y la rugosidad de la carretera. Aquí hay una descripción general de cómo funciona y cómo llevar a cabo la medición de rugosidad con la aplicación Roadroid. (Moreta, 2019)

Descarga e instalación., Lo primero que debes hacer es descargar e instalar la aplicación Roadroid en tu smartphone o dispositivo móvil desde la tienda de aplicaciones correspondiente. (Moreta, 2019)

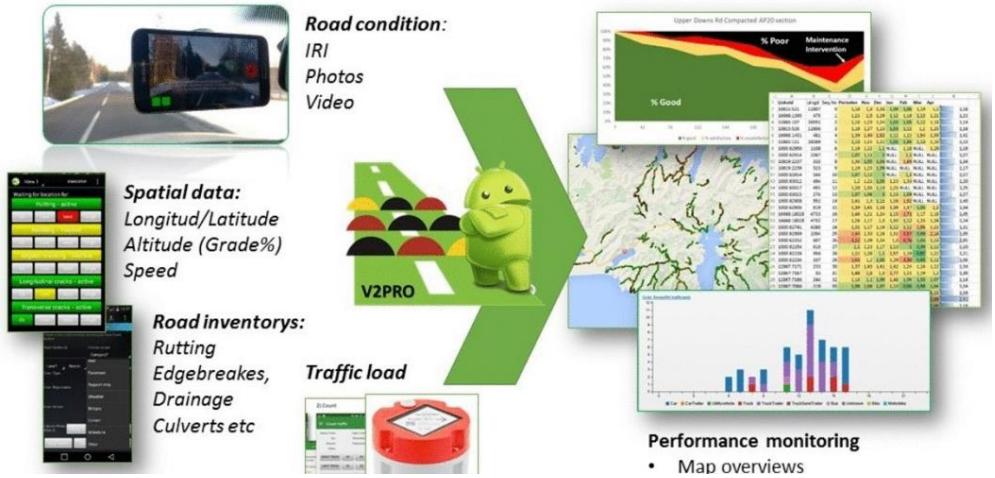


Figura 4. Funcionamiento de Roadroid

Calibración., Antes de comenzar la medición, es importante calibrar la aplicación. Sigue las instrucciones proporcionadas en la aplicación para calibrarla correctamente. La calibración ayuda a garantizar la precisión de las mediciones. (Moreta, 2019).

Inicia una medición. Abre la aplicación Roadroid y selecciona la opción para iniciar una nueva medición de rugosidad. (García, 2019)

Monta el dispositivo en el vehículo. Debes montar el dispositivo móvil en un soporte o soporte en el vehículo de manera que el acelerómetro y el giroscopio puedan registrar las vibraciones y el movimiento del vehículo.

Conduce por la carretera. Conduce el vehículo por la carretera que deseas medir. La aplicación registrará datos de vibración y movimiento mientras conduces. (García, 2019)

Detén la medición. Cuando hayas recorrido la distancia deseada o completado la sección de carretera que deseas medir, detén la medición en la aplicación.

Visualiza y analiza los datos. La aplicación proporcionará datos sobre la rugosidad de la carretera, como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) u otras métricas relevantes. Puedes visualizar y analizar estos datos en la aplicación. (Moreta, 2019).

Guarda y comparte los resultados. Puedes guardar los resultados de la medición en la aplicación y compartirlos si es necesario. (Rondón, 2012)

La precisión de las mediciones de rugosidad con Roadroid puede depender de la calidad del sensor de tu dispositivo móvil y de la forma en que se monta en el vehículo. Asegúrate de seguir las instrucciones proporcionadas en la aplicación y de calibrarla adecuadamente para obtener resultados precisos. (Moreta, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de la Investigación

Como indica Sampieri (2019), Dado que el objetivo de este estudio es describir los rasgos, atributos y perfiles de individuos, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otra cosa que se estudie, la metodología de investigación será cuantitativa. En otras palabras, su objetivo no es mostrar cómo se relacionan entre sí, sino únicamente medir o recopilar datos, de forma independiente o colaborativa, sobre las ideas o variables a las que pertenecen.

En la metodología se usará el tipo de investigación cuantitativa con nivel descriptivo, porque examino la naturaleza general de los fenómenos de manera científica en forma numérica, con el apoyo de la ciencia estadística.

Diseño de la Investigación

Sampieri (2019), El diseño de la investigación será transversal -No experimental es la investigación sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan. (p.154)

Se propuso un diseño transversal no experimental, debido a que se usó un diseño para investigar los efectos del tratamiento y/o los procesos de cambio en situaciones donde los sujetos o las unidades de observación no se asignan aleatoriamente.

3.2. Variables y operacionalización

Tabla 1. *Matriz de Operacionalización de Variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Rugosidad	La relación entre el movimiento relativo recogido por la suspensión del vehículo tipo dividido por la distancia recorrida es la definición de esta norma estadística. El índice de rugosidad de la carretera puede medirse rápida y eficazmente con el equipo Merlin. Hace uso de dispositivos electrónicos portátiles con GPS y acelerómetros, incluidos tablets y smartphones.. (Ojeda,2020)	Para la evaluación se realizará específicamente de la variación del perfilo metro estático de acuerdo a través del sensor de inducción	Índice de Rugosidad	Factor Corrección	Razón
				Factor D	
			Histograma de repeticiones	Media Estadística	Razón
				Desv. Estándar	

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Debido a que la población es finita, se debe escoger la muestra por selección o criterio, la probación solo es un grupo de carreteras de la zona, la cual es contable y por ello consiste en población finita. (Arias, 2020)

Todo el pavimento evaluado con la aplicación Roadroid y Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023

Población finita

Índices de rugosidad para el tramo de progresiva +0.00 a la progresiva +5.00 Km en estudio del Cerro Azul, Cañete 2023, tanto para el método Merlín como para Roadroid.

El tramo de progresiva +0.00 a la progresiva +5.00 Km utilizando Roadroid y Merlín en Cerro Azul Cañete 2023

Muestra

Una muestra es parte de una población que se estudia exclusivamente para realizar cálculos, utilizando fórmulas estadísticas cuando es necesario (Hernandez,2018)

Se tomo el tramo 01 de 5 Km kilómetros por criterio propio, dado que, por inspección visual, este tiene problemas de rugosidad y daños en la superficie de la carretera Cerro Azul Cañete 2023.

Muestreo

Técnica de Muestreo

Se utilizará el método no probabilístico con métodos de selección a criterio del investigador, debido a que los elementos seleccionados se realizaron de acuerdo al conocimiento y elección del investigador, esto por las características y condiciones actuales de un tramo de la vía, la cual debe de ser revisada por tener estas características. (Hernández, 2018).

Considerando los presentes criterios.

- La vía para realizar corresponde a un tramo de la carretera Cerro Azul
- Se selecciona el kilometraje y cantidad de kilómetros a recorrer en función de la cantidad de vía que se ve dañada.
- La carretera con una mayor cantidad de bloqueos por fenómenos naturaleza o de otro tipo.
- Vías que no cuentan con un diseño correcto y que deba ser modificado.

La cantidad de drenajes faltantes, que pueden reducir aún más el IRI de la carretera.

Unidades de Análisis

Según Hernández (2014), la unidad de estudio se define como el elemento que se debe de considerar dentro de la población, el cual afecta y es objeto de contabilizar las variables.

Es por ello que el tramo realizado es de 5 Km de a un tramo de la carretera Cerro Azul, el cual es producto de la inspección visual de los tramos afectados en la carretera.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Como técnica fue seleccionada las fichas registro, su utilización condescendió en la obtención de la base de datos que favorezca a formular con precisión de las cuales se seleccionara de acuerdo a la muestra 68 carpetas de rodadura de pavimento de Cerro Azul, la unidad de análisis fueron considerados los 68 tramos para el análisis se determinara con la técnica documental a fin de recolectar fuentes escritas que guarden relación con la medición de índice de rugosidad, en cuanto a normativa mediante ASSTO de acuerdo al manual de rugosímetro y diseño geométrico para el control pertinente, y de manera directa para implicar la recolección de datos en campo según levantamiento topográfico

para medición de rugosidad y parámetros adicionales para la gestión de aplicativos.

Instrumentos de recolección de datos

La toma de datos en campo se realizará mediante medición de rugosidad con Merlín y formato de conteo de estado de suelos, para ello se hará uso de la siguiente plantilla de cálculos, la cual cuenta con campos del histograma de frecuencias, lecturas de campo, así como las fracciones obtenidas, las cuales forman parte del procesamiento de los resultados, se tiene también el cálculo de los coeficientes y el procesamiento de los resultados para el cálculo del índice de rugosidad, el cual finalmente se utiliza y prueba con expertos en el área.

Validación del instrumento de recolección de datos

Las fuentes de la validez de las herramientas de recogida de datos se encontrarán en el uso de Merlín. Se han utilizado diversas herramientas para recopilar datos, procesarlos para identificar variaciones y comparar los resultados del análisis con el método Merlín y roadroid. Los datos también han sido evaluados y verificados por expertos, así como revisados por personal técnico con experiencia en la materia.

Confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

Los estudios de topografía se garantizan por la calibración de equipos, tanto en las maquinas, como en el uso se debe tener cuidado, los estudios de ensayos de suelos requieren que se use maquinas que estén acorde al proyecto realizado, que cuenten con todos los implementos y las formas para su uso.

El diseño y cálculo del pavimento está garantizado mediante el Manual de carreteras.

La confiabilidad de los instrumentos a utilizar siendo los siguientes.

- Guía de observación. la cual se analizará el estado de los sistemas en cuanto a la verificación de rugosidad y secciones del pavimento, según la norma técnica adecuada.

Método de Merlín. Este instrumento de recolección de datos será aplicado para verificar la rugosidad superficial y secciones del pavimento para su variación del perfilo metro estático. Ambos validados mediante el análisis estadístico descriptivo, el cual puede ayudarnos a revisar todo el procedimiento y comparar cómo se desarrollan los métodos roadroid y Merlín.

3.5. Procedimientos

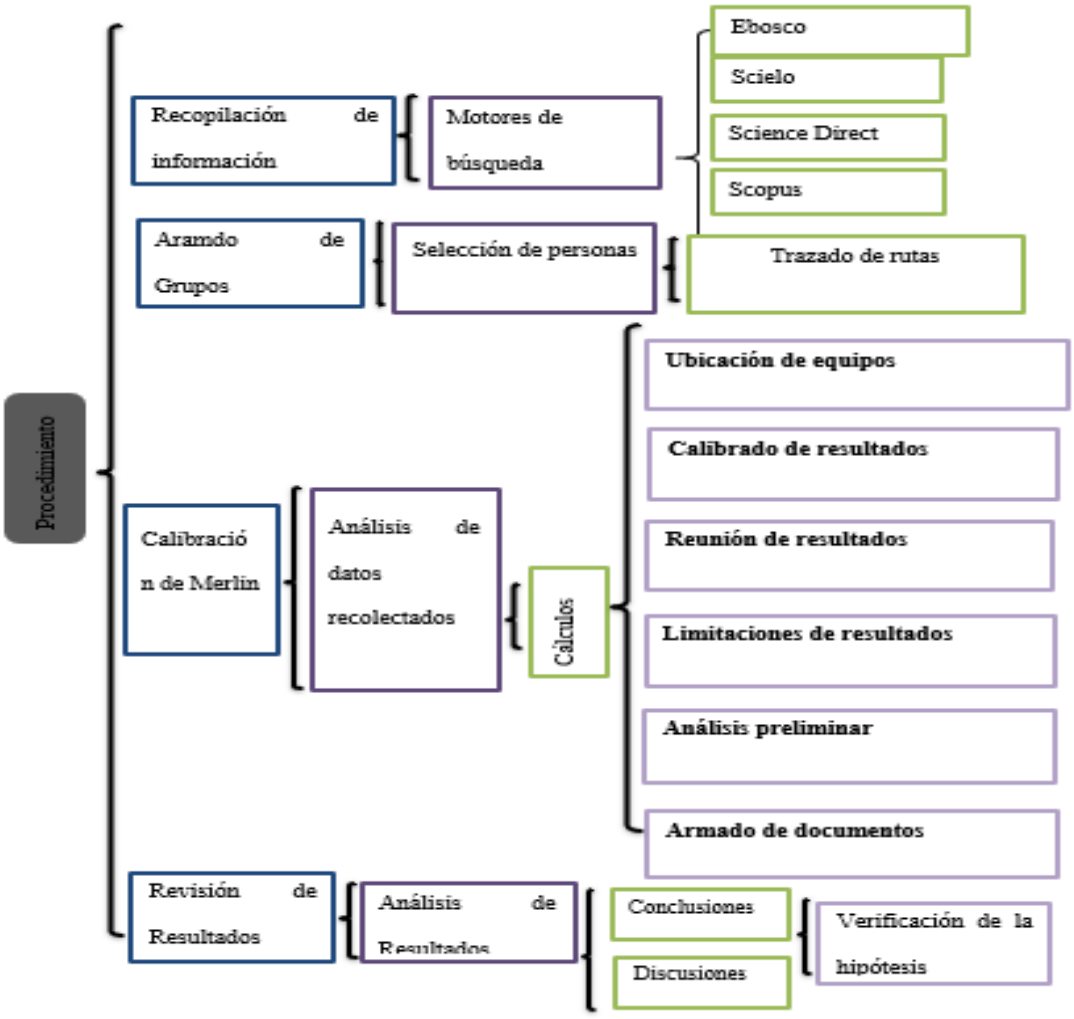


Figura 5. Procedimiento de análisis

Recopilación de Información

El primer proceso de selección consiste en tomar los resultados de otras investigaciones y evaluar cuáles son los problemas que tienen, por ejemplo, se ha encontrado que investigaciones que se centran en poder mejorar la estimación del coeficiente de rugosidad, para ello hacen uso también de extrapolaciones, que al final son usadas como puntos de referencia, dejando que al final las verificaciones con las maquinas, las cuales son más precisas.

Se han encontrado una serie de documentos, de los cuales se han descartado algunos, dado que se desarrollan en contextos lejanos a la realidad del proyecto, todo ello se evalúa en la revisión sistemática, donde también se han obtenido resultados que siguen los resultados de este proyecto, lo cual al final sirve de guía para elaborar el desarrollo de la tesis.

Armado de grupos de trabajo

El proceso de armado de grupos consiste en tener un operador de la máquina, un conductor del vehículo y una persona que tome las medidas que tiene que usarse para realizar el cálculo del resultado, este proceso incluye las modificaciones, anotaciones de problemas u otros casos que deban registrarse, también dependiendo del tamaño del trabajo es que se debe de realizar varios grupos o solo un grupo de trabajo.

Este proceso consiste en armar los equipos para poder tomar las medidas en campo, para ello se arman grupos con las siguientes características.

Personal requerido

- 01 Operador
- 01 Personal para anotar lecturas

Calibración del equipo de MERLIN.

El procedimiento para calibrar el equipo de Merlín es el siguiente.

- El grosor de la tableta se determina en milímetros mediante un marcador que permite aproximarse a las décimas de milímetro. El espesor se calculará como la media de 4 medidas opuestas.

- La lectura del rugosímetro coincide con la ubicación del puntero medido cuando se coloca sobre una superficie nivelada.

- Esta acción moverá el cursor en el tablero a una distancia correspondiente al grosor de la tableta, si no sucede, debe encontrar el factor de corrección.

Adicionalmente se tiene unas verificaciones propias del método las cuales son.

Verificación del equipo. Asegúrate de que el equipo esté en buen estado de funcionamiento, sin daños ni problemas técnicos. Revisa las conexiones, sensores y cualquier otro componente relevante.

Comparación con una referencia. Utiliza una superficie de referencia conocida para verificar la precisión del equipo. Esto puede ser una superficie especialmente diseñada y calibrada, o una carretera de referencia con una regularidad conocida. Realiza mediciones con el equipo y compáralas con los valores de referencia.

Ajuste o corrección. Si se detectan diferencias entre las mediciones del equipo y los valores de referencia, es posible que se necesiten ajustes o correcciones. Consulta el manual del equipo o comunícate con el fabricante para obtener instrucciones específicas sobre cómo realizar los ajustes necesarios.

Verificación periódica. Es recomendable realizar verificaciones periódicas para asegurarse de que el equipo se mantenga calibrado y funcione correctamente. Esto puede hacerse mediante la comparación con una superficie de referencia o mediante la participación en programas de inter comparación o pruebas de aptitud.

Registro de los resultados

Se han tomado 200 mediciones, las cuales han sido colocadas en distintos dispositivos a varios intervalos, considerando una separación de 2m, en la realidad de los ensayos de campo se suele usar circunferencia de merlín, lo cual es aproximadamente lo

equivalente a usar este método, lo cual significa que se debe terminar en el lugar donde se inició.

Descripción del Proyecto

El proyecto, que comprende 5 km de la carretera de Cerro Azul, debe entenderse inicialmente, ya que implica la medición de la rugosidad con equipos Merlín y la utilización del programa Roadroid, la cual está constantemente en rehabilitación o revisiones, dado que es una carretera de alto tránsito, actualmente cuenta con problemas de rugosidad, es por ello que se evalúa, si estos problemas son grandes como para causar accidentes, perdidas de velocidad y otros efectos en el manejo vehicular.

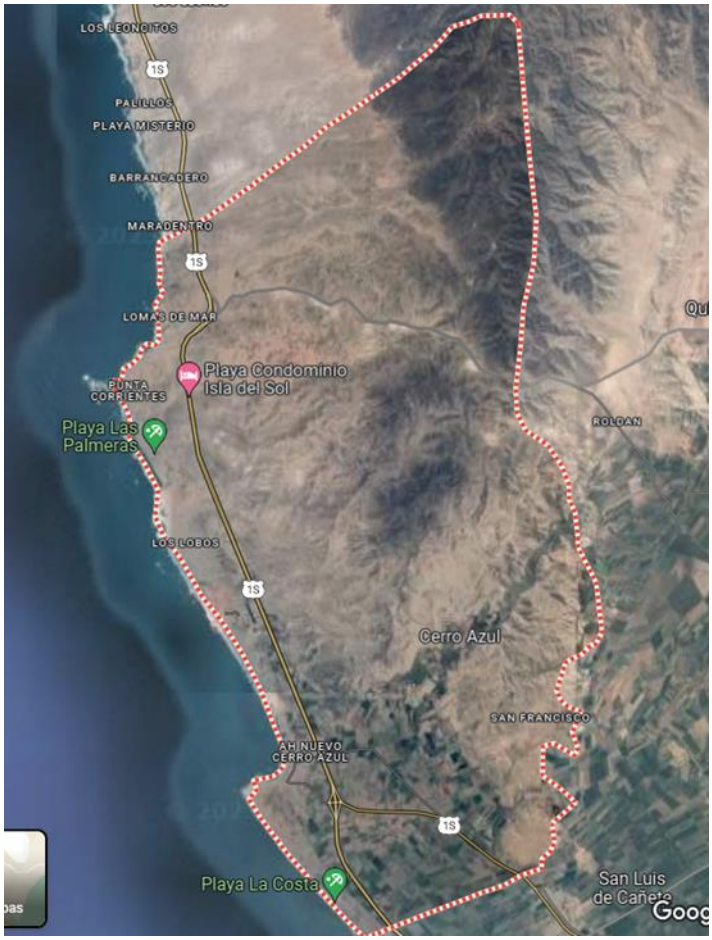


Figura 6. Zona de Estudio

Cerro azul es parte del distrito de Cañete en el departamento de Lima, cuanta con una población reducida de 3271 personas, las cuales mayormente viven del comercio y turismo.

El proceso de medición es directo sobre la vía, es por ello que se debe de realizar varios pasos para cuantificar la longitud y realizar el trazado de las progresivas a estudiar del proyecto.

Ubicación y Localización

El proyecto como se ha mencionado este en Cerro Azul, el cual pertenece al departamento de Lima, en la provincia de Cañete, en el distrito de cerro azul, contando con una superficie de 105.17 km2, para una altura de 7 msnm, en base a estos último se puede ver que la altura media sobre el nivel del mar es poca, lo cual lo llevaría a tener posibles inundaciones.

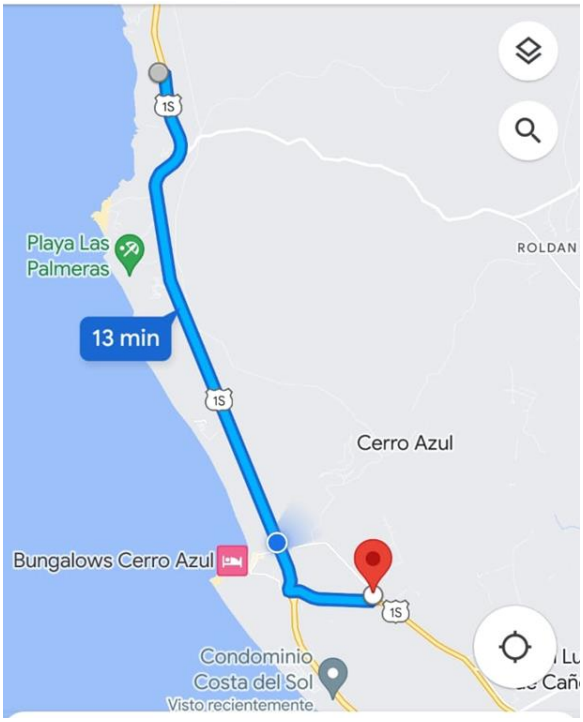


Figura 7. Delimitación de la carretera

La carretera total cuenta con 10km, sin embargo, no en todos los tramos se presenta la carencia de rugosidad, por lo que se estudia solo algunas de las secciones, para

ello se realiza primeramente una inspección visual, lo cual se explica en las secciones siguientes.

Figura 8. Provincia de Cañete

En lima se tiene varios distritos, dentro de cada uno el estudiado actualmente es el distrito de Cañete, el cual es un distrito de la costa, lo cual lo vuelve muy propenso a la humedad y a problemas de suelo, es por ello que pueden tener problemas con la base y sub base, generalmente estas deben de controlarse y verificarse contra la expansión, lavado y otros, dado que estos problemas se traducen en pérdidas de la rugosidad.

Figura 9. Playa Cerro Azul

Como se puede ver la zona está dada para el turismo y otros beneficios del tipo comercial, la zona cuenta con un recorrido de playas y atractivos turísticos que la vuelven bastante concurrida.

Procedimiento de Aplicación

El procedimiento de aplicación consiste en.

1. Realizar toda de puntos y medición de las progresivas de la carretera en total.
2. Selección de las zonas con mayores problemas de rugosidad, también la visualización y selección de técnicas
3. Aplicación del método de rugosímetro de merlín y equipo Merlín
4. Aplicación del aplicativo roadroid
5. Procesamiento de la información
6. Selección de resultados finales

Cada uno de estos pasos es detallado en las siguientes secciones.

Medida de la Longitud total

Una de las ventajas de realizar la medición de toda la vía es que esta puede servir como referencia para poder seleccionar los tramos en estudio, se debe de hablar de progresivas, no se puede simplemente señalar longitudes sin ningún tipo de ubicación inicial respecto del total, para ello se realiza

Figura 10. Inicio de carretera de Cerro Azul

Figura 11. Tomado de medidas

Figura 12. Marcado de Progresivas

Figura 13. Medida progresiva con cinta

Figura 14. Delimitado de Progresiva

Figura 15. Marcado de Progresivas

Para las progresivas se utiliza un marcado con aerosol temporal, esto para considerar y ubicar correctamente el área de trabajo, dado que los instrumentos de recolección y el ensayo propiamente dicho utilizan las progresivas, así como el tiempo, latitud,

longitud o progresiva, velocidad, altitud CIRI, EIRI y READID, cada uno de estos parámetros y anotaciones se explicará en las secciones siguientes, sin embargo, cumplen con el procedimiento típico del ensayo.

Procedimiento Método Roadroid

Roadroid es una solución basada en teléfonos inteligentes para vigilar el estado de las carreteras. Esta aplicación utiliza el acelerómetro del teléfono y el GPS para seguir las vibraciones de la carretera; además, se necesita una conexión a internet para supervisar y transferir los datos del estado de la carretera, que utiliza el sistema de gestión para su mantenimiento. Según la guía de Roadroid al tomar los datos de la vía, la velocidad está afectado directamente en el resultado de la encuesta, por lo tanto, es recomendable mantener una velocidad constante, siendo la mejor correlación para los métodos de clase 3 (tipo respuesta) alrededor de 70-80 km / h. Sin embargo, el sistema se puede ajustar para velocidades de levantamiento hasta de 30 km / h. El programa analiza las vibraciones de la vía 100 veces por segundo, es decir, una señal cada 25 cm a una velocidad de 90 km/h. A partir de estos 100 puntos de datos, se calcula un valor del estado de la vía y se registra junto con las coordenadas GPS. En otras palabras, el IRI se guarda en el teléfono en X, Y y Z (este, norte y elevación, o latitud, longitud y altitud), y luego se envía por WiFi o 4G a un servidor en la nube. Una vez enviados los datos por los métodos antes mencionados, pueden seguirse en un mapa como el de la figura 10, en el que se asignan cuatro colores en función del estado de las carreteras. Según la tabla, excelente se indica con verde, satisfactorio con amarillo, insatisfactorio con rojo y malo con negro..

***Tabla 2**. Tabla de IRI estimado (EIRI) de condiciones*

CONDICION DE LA VIA	eIRI	COLOR
BUENA	< 2.2	VERDE
SATIFACTORIO	2.2 – 3.6	AMARILLO
NO SATISFACTORIO	3.6 – 5.4	ROJO
POBRE	> 5.4	NEGRO

Fuente: Elaboración propia

Según Hans J. y Lars F. (2014), para obtener el EIRI se tuvieron que correlacionar datos de mediciones de IRI clase 1 (rayo láser). Al ser comparados cientos de enlaces por carretera, calculó un valor EIRI y determinó un factor de correlación. Se consideró adecuado que el primer coeficiente de determinación (R^2) fuera 0,5 (50%) (Figura 11). De esta manera según Sayers, creador de Roadroid, el EIRI pertenece a la clase 3 según los métodos de medición de IRI.

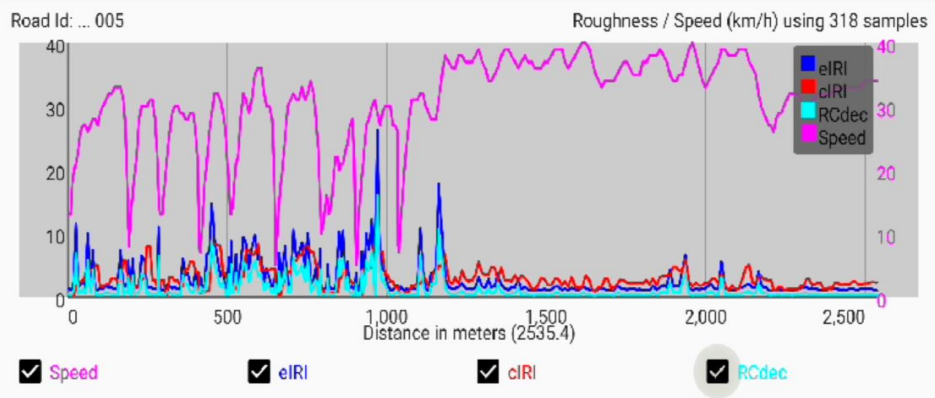


Figura 16. Gráficos en el tiempo

Además, los estudios realizados por varias organizaciones internacionales, incluidas las Naciones Unidas, el Banco Mundial, universidades y empresas de ingeniería vial, han arrojado resultados que indican una asociación del 80% entre un eIRI y un IRI de clase 3.

IRI calculado (cIRI).

Crearon el IRI computado, que se basa en el cuarto modelo automovilístico creado por el Banco Mundial, con investigación interna adicional de Roadroid. Sayers afirma aquí que, con la calibración adecuada, puede cumplir los requisitos de las lecturas del estado de las carreteras de clase 2. Sin embargo, tiene que mantener un ritmo constante de entre 60 y 80 km/h para representar el cIRI en una clase 2, pero el sistema se puede ajustar para velocidades de levantamiento hasta de 30 km / h. En los modelos de cuarto de carro se simulan dos pesos de balanceo con el movimiento de la carrocería del automóvil. Por lo tanto, se estima el movimiento de la carrocería en los datos del acelerómetro y una variable de calibración del vehículo, que el

operador manipula en la aplicación. Se utilizó el software ProVal (Profile Viewing and AnaLysis) para validar los datos de la muestra y los resultados del IRI. Según los inventores de ProVal, The Transtec Group, y los clientes estadounidenses, la Administración Federal de Carreteras (FHWA) y el Programa de Rendimiento de Pavimentos a Largo Plazo (LTPP), ProVal es la tecnología más popular, probada y fiable para el análisis de perfiles de pavimentos.

El proceso de roadroid consiste en utilizar la aplicación en un celular, el cual está fijado a alguna zona del vehículo, con algún apoyo, como se puede ver en la siguiente imagen.

Figura 17. Aplicación roadroid

Los resultados de la recolección de datos se realizan mediante la aplicación y una serie de tiempo, donde se grafica las velocidades, los índices de rugosidad estimados y calculados, obteniendo graficas como la siguiente.

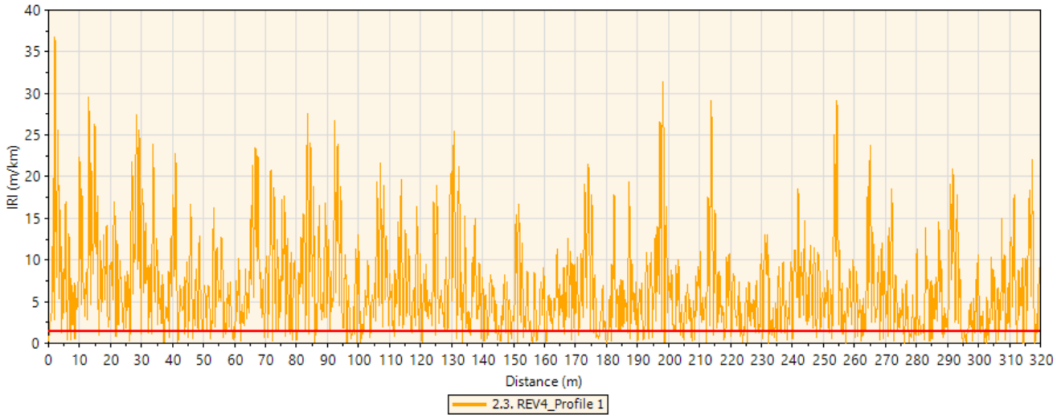


Figura 18. Serie de tiempo de IRI

Luego de haber tomado estos valores es necesario realizar una clasificación y procesamiento de los datos, para lo cual se codifica como la siguiente tabla.

Tramos	Código	Condición de la carretera según Roadroid	Carril derecho			Carril izquierdo		
			Longitud (m)	Porcentaje (%)	IRI promedio (m/km)	Longitud (m)	Porcentaje (%)	IRI promedio (m/km)
Huaraz - Taricá (Km 580+000 al 593+000)		Bueno	3600,00	27,69%	3,33	3900,0	27,69%	3,14
		Satisfactorio	4900,0	37,69%		5400,0	37,69%	
		No satisfactorio	3300,0	25,38%		3000,0	25,38%	
		Pobre	1200,0	9,23%		700,0	9,23%	
Taricá - Yungar (Km 593+000 al 597+800)		Bueno	2200,0	45,83%	2,54	1900,0	45,83%	2,71
		Satisfactorio	2300,0	47,92%		2300,0	47,92%	
		No satisfactorio	300,0	6,25%		600,0	6,25%	
		Pobre	0,0	0,00%		0,0	0,00%	
Yungar - Anta (Km 597+800 al 600+300)		Bueno	700,0	28,00%	2,88	700,0	28,00%	3,16
		Satisfactorio	1400,0	56,00%		1400,0	56,00%	
		No satisfactorio	400,0	16,00%		400,0	16,00%	
		Pobre	0,0	0,00%		0,0	0,00%	
Anta - Marcara (Km 600+300 al 605+100)		Bueno	500,0	10,20%	3,85	500,0	10,20%	4,09
		Satisfactorio	2100,0	42,86%		2100,0	42,86%	
		No satisfactorio	1900,0	38,78%		1900,0	38,78%	
		Pobre	400,0	8,16%		400,0	8,16%	
Marcara - Carhuaz (Km 605+100 al 611+000)		Bueno	300,0	5,17%	3,82	300,0	5,17%	3,93
		Satisfactorio	2400,0	41,38%		2400,0	41,38%	
		No satisfactorio	3000,0	51,72%		3000,0	51,72%	
		Pobre	100,0	1,72%		100,0	1,72%	
Total			31000,00			31000,00		

Figura 19. Condiciones de la carretera Roadroid

El color verde indica condición buena, el color amarillo indica satisfactorio, el color rojo indica no satisfactorio, la siguiente columna indica la longitud de los tramos, la siguiente columna indica el porcentaje del tramo total, luego se considera el IRI, que es el indica de rugosidad promedio por cada tramo, estos cálculos se realizan para el carril izquierdo como para el derecho, verificando que ambos pueden salir en condiciones diferentes.

Procedimiento Método Merlín

Según Lars F. y Hans J (2015), la técnica tradicional moderna para medir la rugosidad especialmente construida es cara, debido al hardware pesado y complejo, además de

la necesidad de accesorios y sistemas complejos. En el hemisferio norte, por ejemplo, la recogida de datos suele producirse en verano y se analizan y envían a los sistemas de gestión del mantenimiento a finales de otoño. Sin embargo, la carretera experimenta un ciclo continuo de congelación/descongelación en invierno y primavera, que es un periodo muy dramático en la vida de una carretera con cambios extremos en la rugosidad. Como resultado, los valores de IRI que eran "precisos" hace casi un año podrían no seguir siendo los mismos durante un periodo de tiempo más largo.

El método Merlín puede utilizarse para controlar los cambios a diario con un coste reducido. Tiene inconvenientes porque el procedimiento es completamente manual, como se ilustra en la siguiente figura, pero también puede dar una idea de cómo se aplica el método en caso de heladas y oscilaciones.

Figura 20. Equipo de merlín

También se puede usar este equipo en invierno para determinar el rendimiento de remoción de nieve, sin embargo, la necesidad de una protección por parte del usuario pide que pueda extenderse la técnica, utilizando una carcasa metálica para la protección del operario, además se puede usar ventajosamente en contratos basados en el rendimiento o en investigaciones sobre el deterioro de las carreteras en diversos efectos ambientales (como lluvias intensas, inundaciones, etc.) y otros fines. Es importante señalar que las soluciones basadas en teléfonos inteligentes como

Roadroid tienen el potencial de poner patas arriba la sabiduría convencional sobre protocolos, normas y métodos para obtener resultados. Aunque la recopilación de datos mediante teléfonos inteligentes no competirá directamente con las medidas de perfil de precisión de clase 1, las complementará poderosamente. La aplicación "Roadroid", por ejemplo, tiene una calificación de precisión de clase 2/3, lo que significa que funciona bien y ofrece un IRI suficiente. Pero aprender a manejar un smartphone llevó mucho tiempo, y el equipo de Roadroid creó y probó varios prototipos; a continuación se describen los prototipos iniciales, creados entre 2002 y 2006.

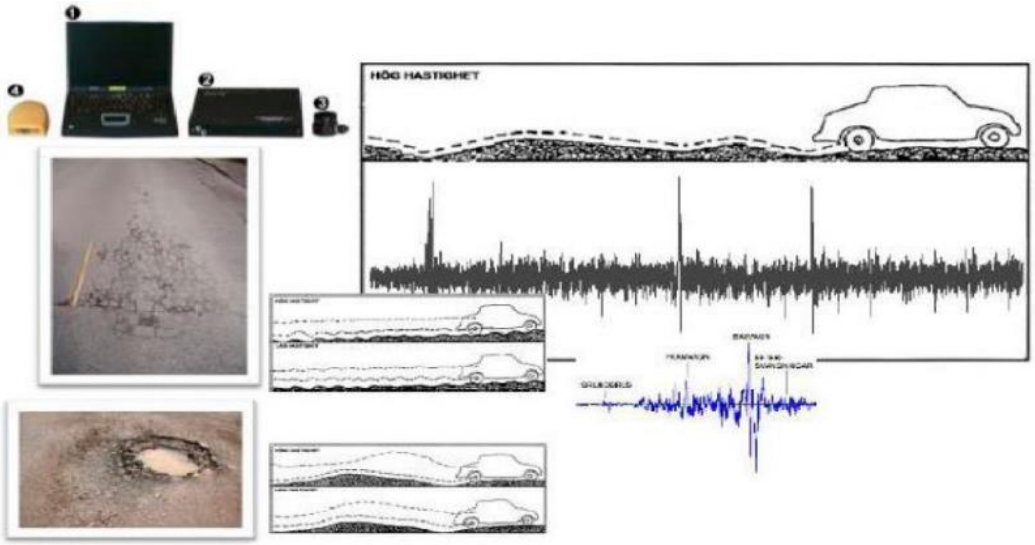


Figura 21. Equipo computarizado

Desde al año 2002 hasta el 2006, se desarrolló el sistema basado en un PC, cables y acelerómetros, sin embargo, el resultado no era satisfactorio, pero en estos estudios comprendieron que las vibraciones pueden expresar la condición vial. En el año 2010 el equipo de trabajo analizó los teléfonos inteligentes donde se percataron que estos incluían un acelerómetro. Así que los ingenieros; Lars (Ingeniero de vías, procesos y director del proyecto), Hans (Ingeniero informático y experto en programación en tiempo real) y Tommy (Ingeniero informático y ahora un experto en bases de datos viales y consultor en el núcleo de los Sistemas de Gestión de Tráfico en Suecia), se reunieron para analizar las vibraciones y tipos de vehículos, niveles de frecuencia, el

acelerómetro y modelos de Smartphone. En el año 2011 hicieron pruebas de campo extensas (Figura 8) reuniendo la experiencia antigua con la nueva tecnología.

Figura 22. Aplicación de técnicas computarizadas

La revisión de la rugosidad de las vías con el equipo de merlín necesita que los equipos se encuentren fijados, a la llanta del equipo, esto porque el índice de rugosidad es medido por las aceleraciones verticales que tiene la rueda al pasar por la vía, aplicando una ecuación se puede calcular el valor promedio y el valor calculado, ambos indicativos nos sirven como referencia de como calificarse la vía y en algunos casos si tienen una variación alta.

Durante el año 2012, solicitaron a algunas ciudades que fueran los primeros en adoptar la app sin costo alguno y fue la ganadora regional del “satélite Navigation Competition Europeean”. Ya en el año 2013 ganaron el Premio (UN World Summit Award) como la mejor aplicación de administración electrónica móvil. Para vías de bajo volumen, Roadroid es accesible, fácil de usar, rentable y objetiva. En las vías de alto estándar, Roadroid da una posibilidad para las alertas tempranas y para monitorear los cambios de rugosidad que se abre con el tiempo, esto abre nuevas perspectivas a la gestión de activos y desempeño basado en el mantenimiento.

Procesamiento de Datos Método Roadroid

La prueba se realizó a velocidades comprendidas entre 20 y 80 km/h, y los resultados del carril derecho se obtuvieron aplicando el Roadroid a los datos del EIRI. Como era necesario mantener constante la velocidad entre 60 y 80 km/h, no se empleó el CIRI.

Para el inicio de los cálculos se realiza un anotado del tiempo, la variación del EIRI y del CIRI, donde el EIRI es el valor de la lectura, mientras que el CIRI es el valor calculado.

Para ello se ha tomado el aplicativo y se ha empezado a registrar el movimiento y las aceleraciones en la dirección en estudio, es por ello que se han dado varias pasadas en cada una de los carriles del proyecto.

Figura 23. Toma de datos

Figura 24. Datos de Tiempo, ERI, velocidad y distancia

Para el registro de otras variables se ha realizado una medición de la distancia, temperatura y latitud longitud, se busca tener referenciado las lecturas, es por ello que se registran latitud y longitud.

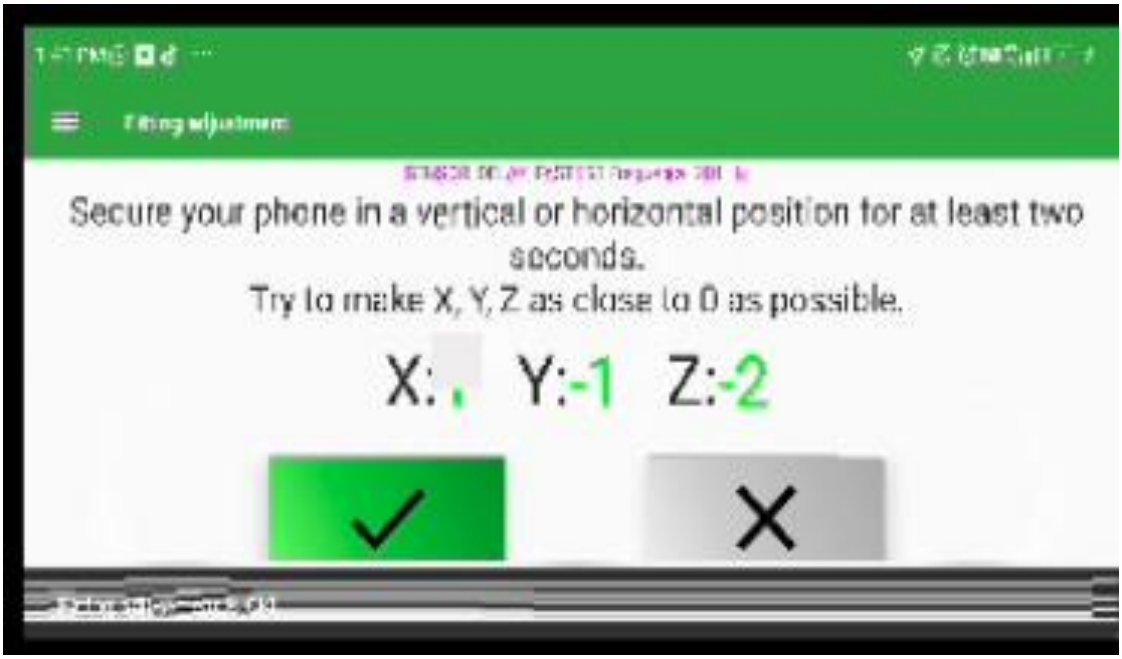


Figura 25. Configuración de verticalidad del celular

Figura 26. Inicio de la grabación

En el aplicativo se verifica la verticalidad, el tiempo y la velocidad, así como la distancia y las latitudes de cada uno de los puntos tomados.

Los resultados iniciales son las velocidades, estos son proporcionales al índice de rugosidad, dado que se espera que los saltos de velocidad sean producto de la rugosidad y no de otros efectos.

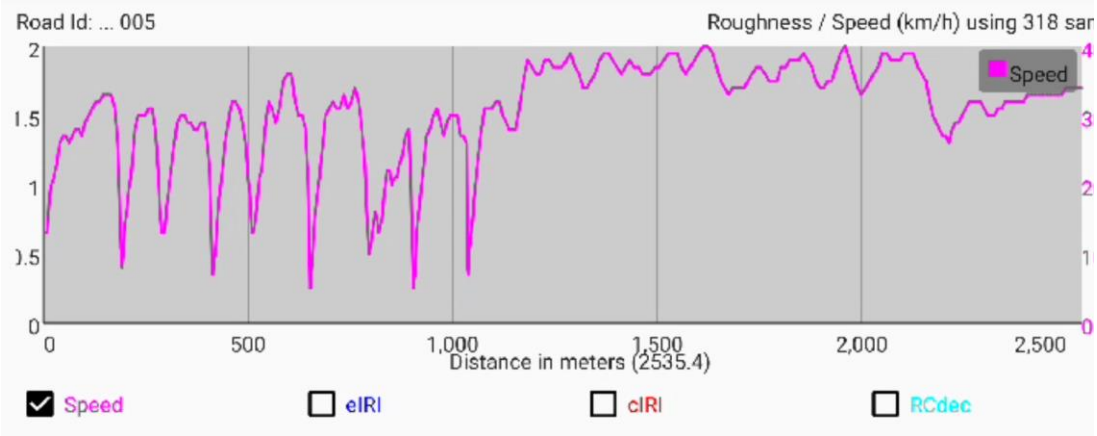


Figura 27. Resultados de Velocidad

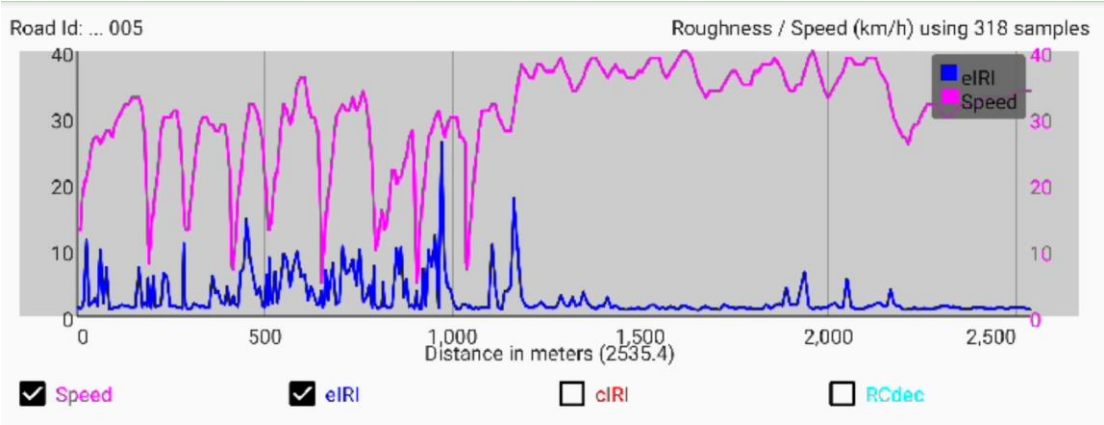


Figura 28. Grafica del EIRI

En el grafico se puede ver que la velocidad tiene valores mucho más grandes que el EIRI, el cual ha sido estimado por la ecuación del CIRI, agregando los valores medidos se puede ver una gran similitud entre los valores EIRI y CIRI.

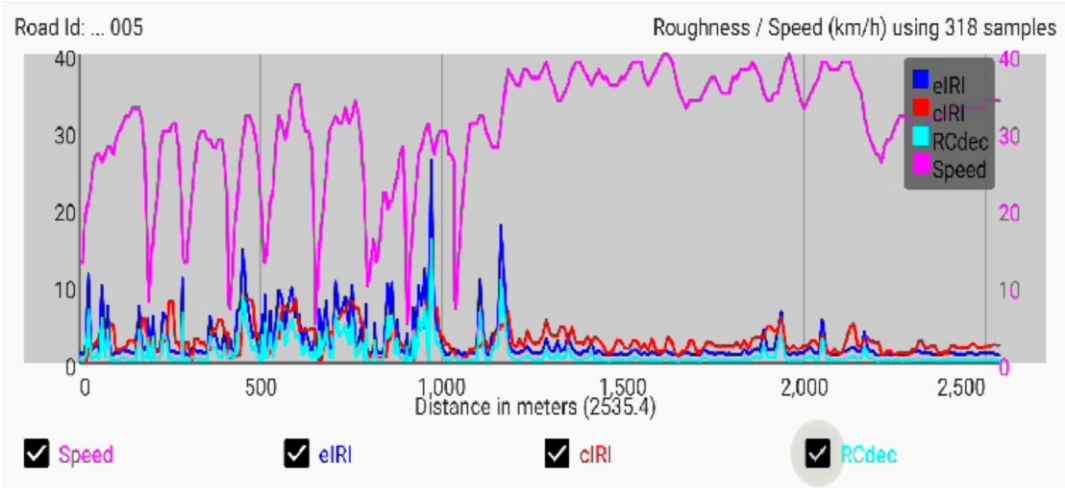


Figura 29. Grafica del CIRI

Se puede ver la similitud que tiene el grafico del eIRI con el grafico del cIRI, donde estos deben tener un margen de error aceptable, de la misma manera para el RC de estos valores son los que se pueden usar directamente para la estimación del IRI promedio como se realiza en las secciones siguientes.

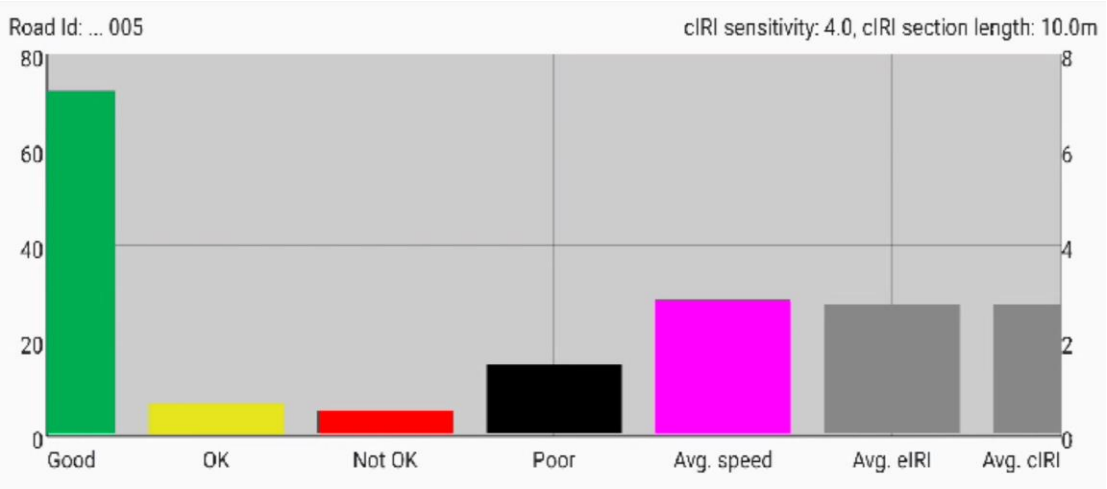


Figura 30. Clasificación de Resultados

Figura 31. Opciones de Texturas, rugosidad y CIRI

Se puede ver en las imágenes que el programa roadroid nos puede entregar un reporte de la cantidad de IRI que están en estado bueno, pasable, malo, pobre incluso puede darnos promedios del EIRI y CIRI, con el fin de utilizar estos elementos para las comparaciones siguientes.

Procesamiento de Datos Método Merlín

El proceso de toma de datos con equipo merlín se realiza de la siguiente manera.

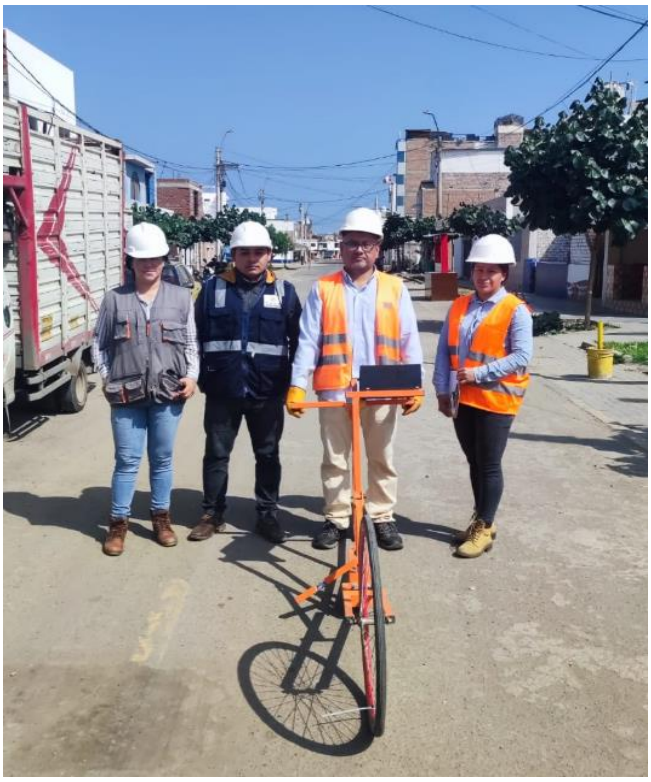


Figura 32. Armado del Equipo Roadroid

Figura 33. Medición de Rugosidad extremo derecho

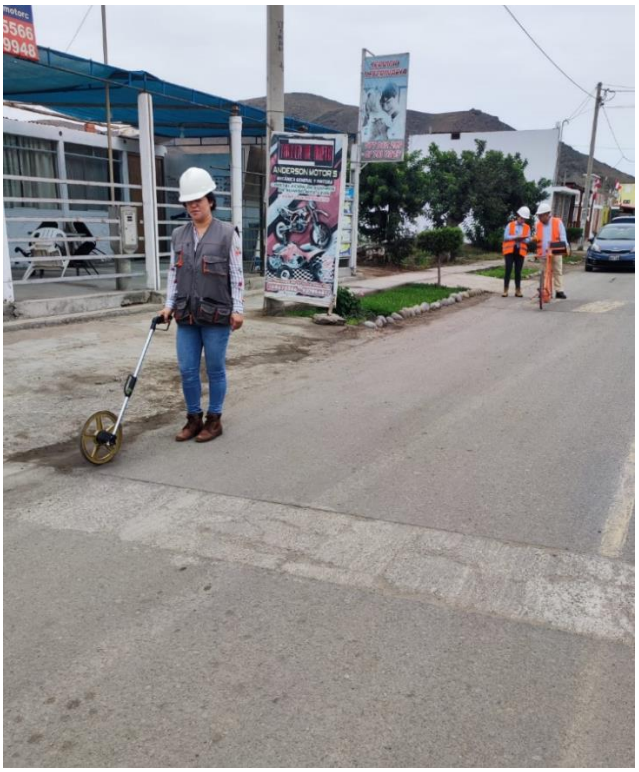


Figura 34. Medición de Rugosidad extremo Izquierdo

Figura 35. Toma de lecturas

Figura 36. Recorrido del equipo Merlín

El equipo merlín, tal como se explicó antes, consiste en un detector de la rugosidad, utilizando una rueda artificial, la cual se anexa al elemento en estudio, para luego realizar el recorrido de la misma por toda la vía, para ello se toma las medidas en el carril izquierdo y derecho, pasando por toda la vía el equipo, con ello se toma las medidas de cada lado, para realizar el cálculo del histograma con ello obtener el IRI, luego se debe de tener en cuenta.

El equipo de merlín consiste en tomar las aceleraciones verticales de la huella del neumático simulado por dicho equipo, para luego.

Evaluación de resultados Roadroid

Los registros recogidos de los carriles izquierdo y derecho, que van de 0,00 a 5,00, se incluyen en la tabla. La fecha, la hora, la latitud, la longitud y la altitud de los datos se obtuvieron utilizando el acelerómetro y el GPS de un smartphone. La fecha, la hora, la latitud, la longitud y la altitud se incluyen en los datos, que se obtuvieron utilizando el

acelerómetro y el GPS de un teléfono inteligente. Para recuperar estos datos se utilizaron las técnicas de IRI estimado (EIRI), CIRI y EIRI.

Estimación EIRI. Se clasifica como un enfoque de análisis de clase 3 y se utiliza para producir el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), reconocido por el Banco Mundial. De 20 a 80 km/h es el intervalo de velocidad sugerido para el análisis de este instrumento.

Determinación del IRI (CIRI). Es una forma diferente de calcular el índice internacional de rugosidad y se basa en la fórmula del modelo de cuartos de vehículo. Para el análisis, se aconseja un intervalo de velocidad constante de 60 a 80 km/h utilizando este enfoque de clase 2.

Tabla 3. *Datos carril izquierdo*

	Carril Izquierdo		
Distancia	Velocidad	EIRI	CIRI
0.05	26	1.9	2.4
0.1	27	1.1	4.9
0.15	32	1.5	2.9
0.2	11	5.7	3.4
0.25	30	5.8	2.9
0.3	13	2	1.5
0.35	30	1.2	2.6
0.4	29	1.8	5.6
0.45	25	7.3	1
0.5	26	1.5	3.7
0.55	32	4.7	3.2
0.6	36	6	8.3
0.65	28	1.6	4.4
0.7	30	1.8	4
0.75	31	4.6	8.1
0.8	16	7.6	1.4
0.85	22	1.5	0.8
0.9	21	1.7	2.3
0.95	27	10	4.4
1	30	4	3.5
1.05	20	1.1	0.4
1.1	31	1.2	1.8
1.15	28	3.7	1.5

1.2	36	1.5	2.5
1.25	37	1.4	2.8
1.3	39	3.1	5.5
1.35	36	1.7	4.6
1.4	38	1.5	2.4
1.45	37	1.1	2.4
1.5	37	1.2	2.8
1.55	39	1.6	2.8
1.6	38	1.2	1.5
1.65	35	1	1
1.7	34	1.1	2.8
1.75	37	1.3	2.7
1.8	35	1.2	2.3
1.85	38	1.1	1.8
1.9	35	4.3	3.4
1.95	37	6.6	6
2	33	1.3	1.8
2.05	37	1.4	2.2
2.1	38	1.1	1.3
2.15	36	2	3.1
2.2	27	1	2.6
2.25	30	1	1.6
2.3	31	1.4	1.8
2.35	31	1.3	1.9
2.4	32	1.3	1.4
2.45	33	1.1	2
2.5	33	1.4	1.9
2.55	34	1	2.3

Nota: Estudio realizado en el carril izquierdo de la carretera del Distrito de Cerro Azul Cañete

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. *Datos carril derecho*

Carril Derecho			
Distancia	Velocidad	EIRI	CIRI
0.05	38	1.3	1.9
0.1	35	1.3	1.5
0.15	35	1	1.5
0.2	37	1.1	1.5
0.25	35	1.1	1.5
0.3	36	1	1.2
0.35	39	1	2.1
0.4	33	1.1	1.7
0.45	30	1.5	1.2
0.5	36	2.9	5.4
0.55	36	1	1.5
0.6	36	1.3	1.9
0.65	39	1.4	3.4
0.7	37	2	2.7
0.75	37	1.1	2.5
0.8	37	1.1	1.3
0.85	38	1.1	1.8
0.9	38	1.5	1.5
0.95	38	1	1.1
1	37	1.7	1.9
1.05	39	1.1	2.1
1.1	36	1.8	4.1
1.15	37	0.9	1.3
1.2	39	1.2	2.8
1.25	36	1.7	4.1
1.3	38	1.6	3.4
1.35	35	1.6	2.7
1.4	37	1.1	1.8
1.45	29	2.8	6
1.5	33	1.4	1.6
1.55	32	1.3	2.1
1.6	14	1	1.9
1.65	29	1.3	5.5
1.7	26	6.5	2.6
1.75	22	2.1	2.1
1.8	15	1.5	0.3
1.85	25	2	1.1
1.9	31	3.7	6.9
1.95	33	2.1	5.2

2	27	4.6	1.6
2.05	33	4.4	3.2
2.1	15	8.3	2.4
2.15	17	3	1.8
2.2	20	4.3	0.7
2.25	28	3.8	1.4
2.3	26	1.3	2.1
2.35	19	1.1	1
2.4	30	2	4.6
2.45	17	1.6	0.3
2.5	30	1.5	2.1
2.55	36	2	4.5

Nota: Estudio realizado en el carril derecho de la carretera del Distrito de Cerro Azul Cañete

Fuente: Elaboración Propia

ROADID. Indica el nombre de la vía o carretera recorrida.

Date Time. Informa sobre el tiempo (fecha y hora) del recorrido.

Como la región es de naturaleza urbana y la fluctuación continua de la velocidad para el CIRI no es práctica, se utilizaron los datos del CIRI basados en la velocidad de prueba. En esta parte, se evaluaron los datos relativos a la rugosidad de la superficie del pavimento a intervalos de 20 metros. Estos datos corroboran la aceptabilidad del instrumento en esta sección.

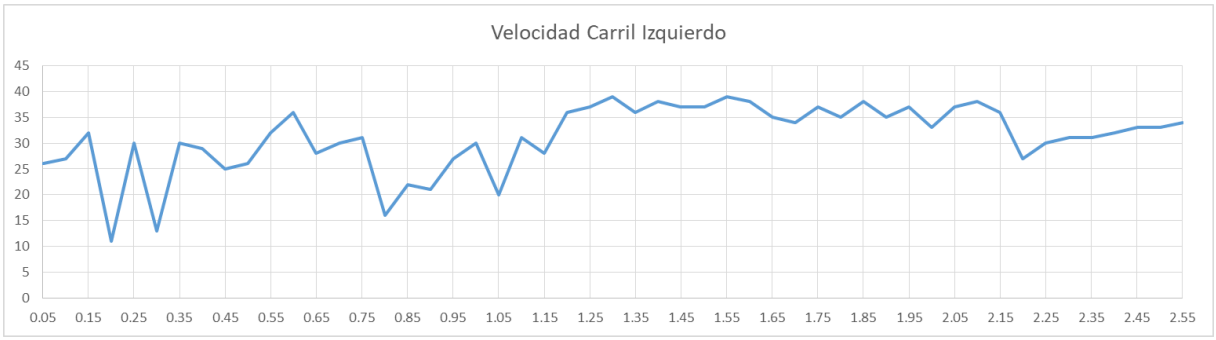


Figura 37. Velocidad carril izquierdo

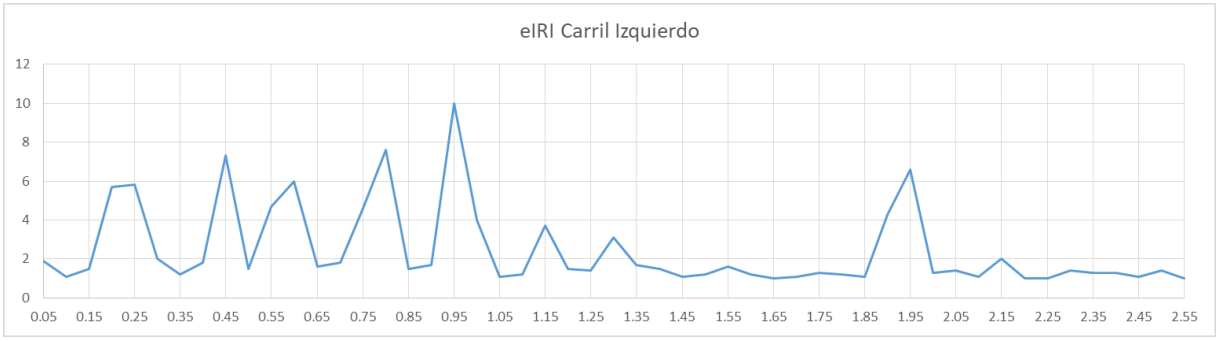


Figura 38. EIRI Carril izquierdo

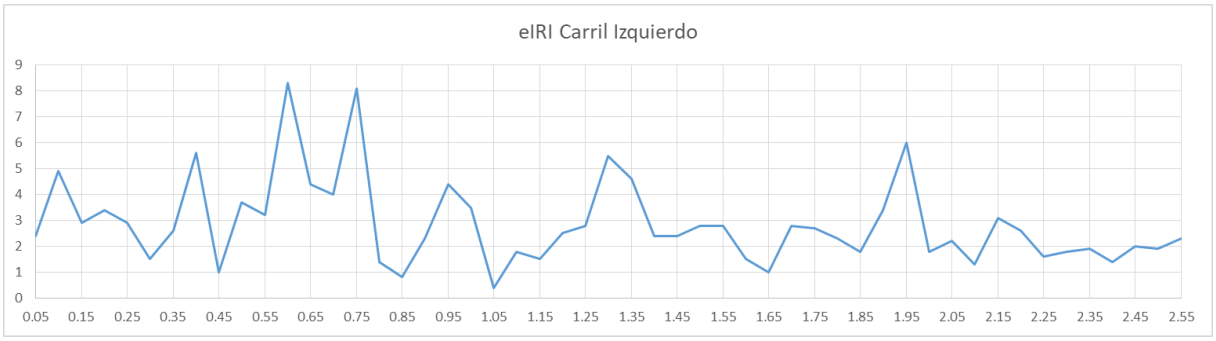


Figura 39. CIRI carril izquierdo

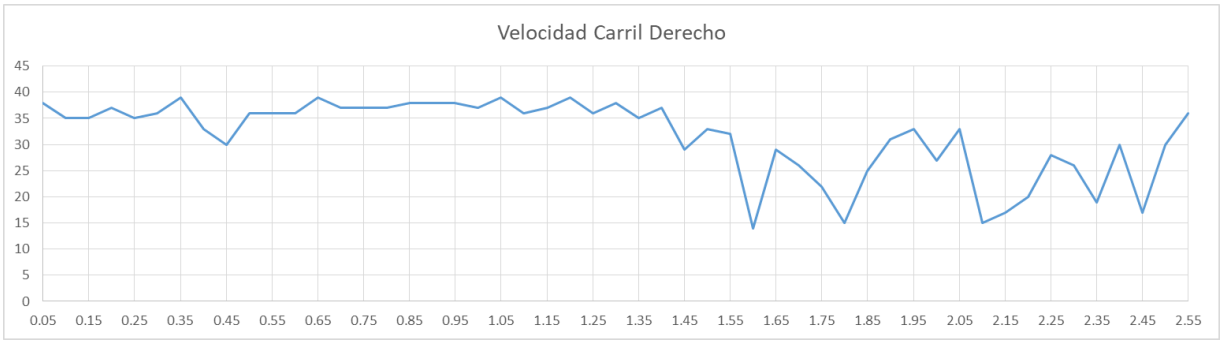


Figura 40. Velocidad carril derecho

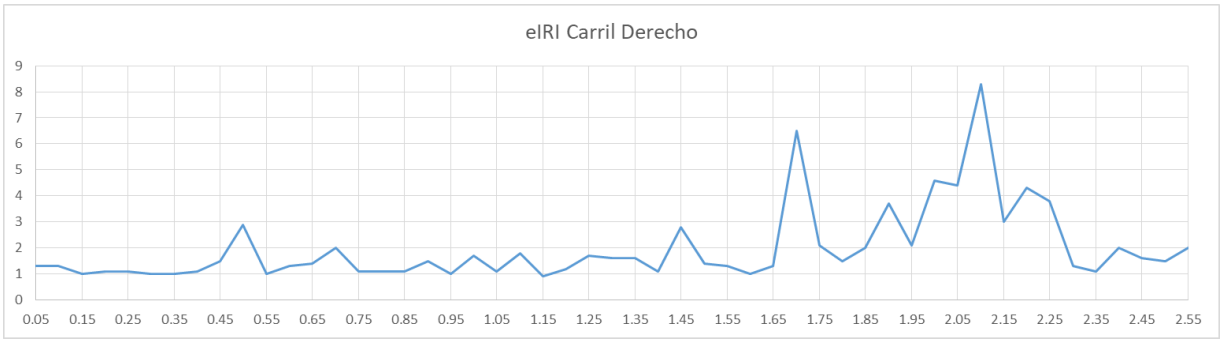


Figura 41. EIRI Derecho

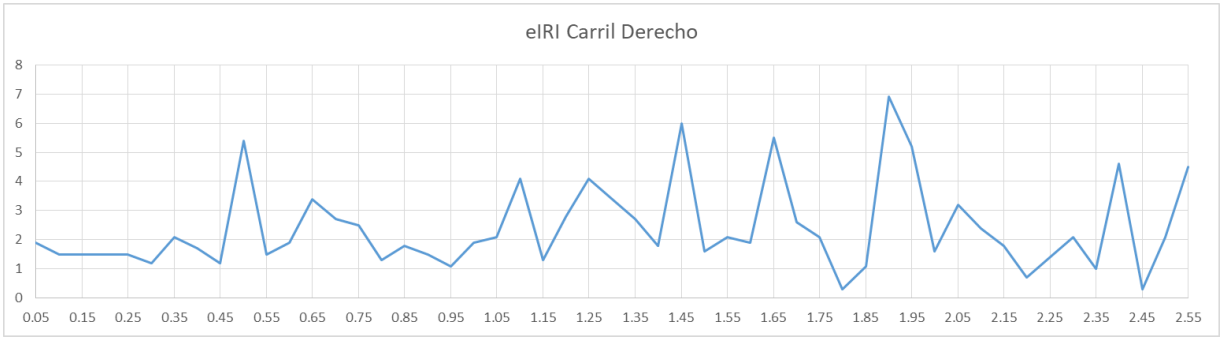


Figura 42. CIRI Carril Derecho

El gráfico muestra los resultados del EIRI y del CIRI basados en la aplicación Roadroid. Es evidente que todos los datos EIRI son casi uniformes, mientras que los datos CIRI están algo distorsionados debido a la distancia recorrida por la avenida. También se registran los valores cada 20 milisegundos. Este gráfico contribuye a la validez del instrumento del carril de estudio.

Condición de la vía	EIRI	km/h Velocidad	puntos	Porcentaje	eIRI m/km promedio	cIRI m/km promedio	Velocidad promedio
Bueno	< 2.2	> 70	68	96.24	1.41	1.81	73.78
Satisfactorio	2.2 - 3.8	50 – 70	1	1.88			
No satisfactorio	3.8 - 5.4	30 – 50	1	1.88			
Pobre	> 5.4	< 30	-	-			
TOTAL		=	70	100			

Figura 43. Carril izquierdo verificación

En la figura Las condiciones de la carretera donde se encuentra el carril objeto de estudio son visibles. Basándose en la clasificación de la aplicación Roadroid según los rangos de rugosidad, el 90% del pavimento se encuentra en un estado aceptable, lo que indica que la rugosidad del pavimento está en buenas condiciones. También se muestran el EIRI medio de 25 m/km, el CIRI y la velocidad media de la ruta. Se determina que los carriles izquierdo y derecho coincidentes tienen una rugosidad de 1,67 y cumplen la Norma CE 010 de pavimentos urbanos, que establece que el control de calidad del pavimento se mantiene dentro de un rango permitido inferior a 2,5 metros por kilómetro.

Condición de la vía	eIRI	km/h Velocidad	puntos	porcentaje	eIRI m/km promedio	cIRI m/km promedio	Velocidad promedio
Bueno	< 2.2	> 70	135	94.90	1.45	1.83	74.15
Satisfactorio	2.2 - 3.8	50 – 70	2	2.28			
No satisfactorio	3.8 - 5.4	30 – 50	2	1.64			
Pobre	> 5.4	< 30	1	1.18			
TOTAL		=	140	100.00			

Figura 44. Carril derecho verificación

El EIRI medio de 1,45m/km, el CIRI y la velocidad media de la ruta se muestran en la figura, que representa las condiciones de la carretera en estudio para la media de ambos carriles. Según la aplicación roadroid en relación con los rangos de rugosidad, el 94,90% del firme se encuentra en BUEN estado, lo que indica que se encuentra en buenas condiciones en cuanto a la rugosidad del firme. En consecuencia, se puede afirmar que la Av. Ejército, que representa la media de ambos carriles, tiene una rugosidad de 1,45 m/km y cumple con la norma CE. 010 de firmes urbanos, que establece que se encuentra dentro del rango admisible de < 2,5 m/km.

Determinación del PSI. se obtiene aplicando la fórmula de Sayers, que relaciona la rugosidad con el índice de utilidad..

$$PSI = \frac{5.0}{\exp\left(\frac{IRI}{5.5}\right)}$$

Dónde.

IRI - (Índice Internacional de Rugosidad)

PSI -(Índice de Serviciabilidad Presente) resultando 0,09.

Utilizando los datos de la aplicación roadroid, se calculó el valor de serviciabilidad (PSI) de Aceptable de Cañete - Lima utilizando la fórmula de Sayers. La aplicación roadroid reportó un promedio de 1.45m/km y Sayers 0.09, que cae dentro del rango de < 2.2

tanto para la norma manual como para la peruana. Con base en las tablas de rangos de PSI, el pavimento fue clasificado como de BUENA serviciabilidad, lo que significa que está en buenas condiciones.

Se sugirió utilizar la aplicación para smartphones roadroid para hallar el índice internacional de rugosidad (IRI) Cañete-Lima. Se utilizó la app Roadroid para calcular los valores de IRI para ambos carriles entre 1 y 1,8. Los resultados mostraron un valor promedio de IRI de 1,49m/km para el carril derecho, 1,41m/km para el carril izquierdo y un promedio de 1,45m/km para ambos carriles. Estos valores indican que el estado del pavimento es BUENO y que el nivel de rugosidad es BAJO, como se indica en la tabla de medias 06. Para el cálculo del IRI distintivo se utilizó la siguiente frase definida por el Manual de Mantenimiento vial - MTC-2018. IRIC. Características del IRI IRIP. IRI medio (determinado mediante la aplicación Roadroid) Según el Manual de Mantenimiento Vial, DS. Desviación estándar Fiabilidad 80%. 0.842.

$$IRIc = IRIp + 0.842 \times ds$$

IRIc = 1,45m/km + 0,842 x 4,47 = 5,21m/km IRIc = 5,21m/km

0,0	Intransitable
0,1 - 1,0	Muy malo
1,1 - 2,0	Malo
2,1 - 3,0	Regular
3,1 - 4,0	Bueno
4,1 - 4,9	Muy bueno
5,0	Excelente

3.6. Método de análisis de datos:

Técnicas de análisis de datos

La investigación fue del tipo no experimental y transversal es por ello que se realiza un estudio en tiempo, utilizando también la estadística descriptiva para determinar los resultados promedios y la variaciones que tienen los valores de resultados y por el juicio de expertos que se tiene para el desarrollo del proyecto, dado que el equipo Merlín y roadroid pueden también dar resultados lejanos a valores reales, si no se les usa con cuidado, para determinar la confiablidad de los instrumentos como encuestas y fichas en Excel para su evaluación así también para verificar los datos se realizará la comparación con valores de medidas sobre la carretera o valores de diseño existentes.

Evaluación de resultados Merlín

Se trata de una herramienta adaptable, fácil de usar y asequible, diseñada especialmente para su utilización en naciones en desarrollo. Se introdujo en Perú en 1993, y para junio de 1999, ya había más de 15 unidades en posesión de diversas empresas de construcción y consultoría, según Del Águila en 1999.

La técnica de medición del equipo MERLIN se clasifica como método de clase 1, ya que se creó como versión de perfilómetro estático y produce datos con un alto grado de precisión. Con un coeficiente de determinación de 0,98, la correlación entre los resultados del MERLIN y los de la escala IRI es casi cercana a la unidad. Para calibrar sus rugosímetros, varios fabricantes de dispositivos de respuesta, como el Bump Integrator o el Mays Meter, proponen utilizar el enfoque topográfico (nivel y mira), debido a su excelente precisión. (Del Águila, 1999).

La diferencia vertical entre el centro de una línea imaginaria de longitud constante y la superficie de la carretera se debe determinar utilizando el dispositivo MERLIN. El término "desviación de la cuerda media" se refiere a esta discrepancia. El MERLIN es un dispositivo de superficie de carretera con dos patas separadas por 1,8 metros. Se utiliza para evaluar la rugosidad de la carretera siguiendo las huellas de las ruedas (wheeltrack).

El MERLIN mide la distancia vertical 'y' entre la superficie de la carretera y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que une la base de los dos pies después de colocar un patín de prueba móvil sobre la superficie a mitad de camino entre los dos pies.

Se toman mediciones repetidas a lo largo de la huella de la rueda y los resultados se registran en un formato instalado en la máquina. Una vez finalizadas las observaciones, se borra el formato, lo que da como resultado la creación de un histograma. La rugosidad en la escala MERLIN está representada por el "ancho" del histograma (D), que se mide en milímetros. (Del Águila, 1999)

Análisis Comparativo de resultados

Para realizar la comparación de los resultados se ha tomado una serie de datos para cada longitud del proyecto, comparando ambos resultados mediante análisis de medias, desviaciones estándar, valores punto a punto y otros gráficos, como los siguientes.

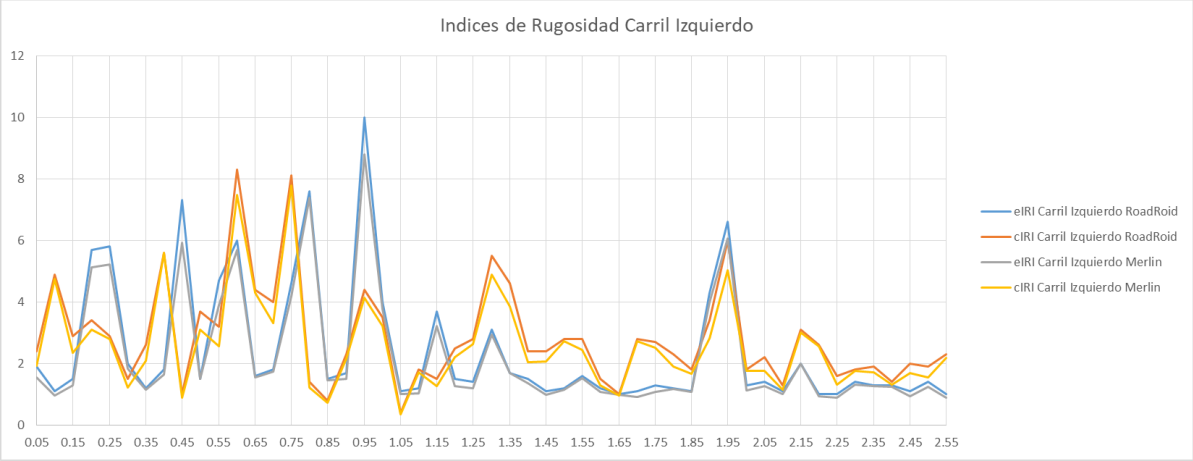


Figura 45. Serie de tiempo índice de rugosidad izquierdo

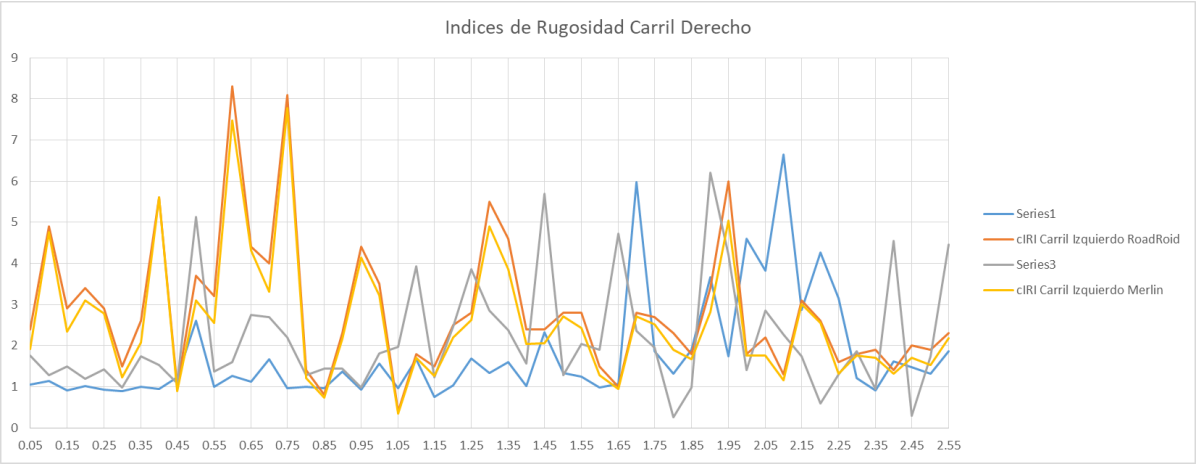


Figura 46. Serie de tiempo Índice de rugosidad Derecho

En esto gráficos se puede ver la variación de los datos, para el carril izquierdo y derecho, porque se tiene dos direcciones, primeramente, el carril izquierdo y derecho, también los casos de rugosidad calculada y rugosidad estimada.

3.7. Aspectos Éticos

El fundamento estuvo basado en el marco del Código de Ética de la Universidad Cesar Vallejo periodo 2022. De esta manera, el estudio se ejecutó en base a la línea investigativa de la universidad, se utilizó el método científico asegurando su validez y confiabilidad.

Para cumplir con la beneficencia se hizo uso de los resultados adecuados, los que deben de coincidir con lo que se busca desarrollar, el objeto es controlar y genera un grupo de vías con un mejor comportamiento y un mejor resultado, es por ello que se debe de aplicar diversos métodos que mejoren la capacidad de rodamiento de la vía, tales como aumento del IRI o rehabilitación por reconstrucción.

Para cumplir con la justicia se respetaron normativas institucionales y no se recurrió a plagio de publicaciones previas, considerando las normas APA sétima edición, que permitió distribuir correctamente la presentación de la investigación.

IV. RESULTADOS

Índice de rugosidad con Roadroid en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 5. *Índice de Rugosidad KM. 00+000 A 00+400 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	49.61 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	2.93 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023.

Tabla 6. *Índice de Rugosidad KM. 00+400 A 00+800 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	51.26 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	3.01 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023.

Tabla 7. *Índice de Rugosidad KM. 00+800 A 01+200 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	67.23 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	3.76 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 8. *Índice de Rugosidad KM. 01+200 A 01+600 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	28.85 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	1.40 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 9. *Índice de Rugosidad KM. 01+600 A 02+000 carril derecho externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	33 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	1.60 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 10. *Índice de Rugosidad KM. 02+000 A 02+400 Carril Derecho Externo del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	28.30 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	1.37 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 11. *Índice de Rugosidad KM. 02+400 A 02+000 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	28.85 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	1.40 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 12. *Índice de Rugosidad KM. 02+000 A 01+600 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	33.61 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	1.63 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 13. *Índice de Rugosidad KM. 01+600 A 01+200 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	28.30 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	1.37 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 14. *Índice de Rugosidad KM. 01+200 A 00+800 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	56.30 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	3.24 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 15. *Índice de Rugosidad KM. 00+800 A 00+400 Carril Derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

F	=	0.93
D	=	56.85 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	3.27 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 16. Índice de Rugosidad KM. 00+400 A 00+000 carril derecho Interno del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

F	=	0.93
D	=	50.56 mm
	=	0.0485 * D (D<40)
RUGOSIDAD	=	0.593 + 0.0471 * D (D<40)
	=	2.97 IRI
OBSERVACIONES: En calle Progreso se consideraron los carriles adyacentes al eje (Izquierdo) para la evaluación.		
Lectura Inicial	=	25
Lectura Final	=	14
Fc	=	0.93
Espesor Pastilla	=	5.1 mm

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Calcular el índice de rugosidad con Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023.

Tabla 17. *Cálculo del Índice de Rugosidad del pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

Inicio	Fin	D	IRI	Lectura Inicial	Lectura Final	Fc
0	400	49.61	2.93	25	14	0.93
400	80	51.26	3.01	25	14	0.93
800	1200	67.23	3.76	25	14	0.93
1200	1600	28.85	1.4	25	14	0.93
1600	2000	33	1.6	25	14	0.93
2000	2400	28.3	1.37	25	14	0.93
2400	2000	28.85	1.4	25	14	0.93
2000	1600	33.61	1.63	25	14	0.93
1600	1200	28.3	1.37	25	14	0.93
1200	800	56.3	3.24	25	14	0.93
800	400	56.85	3.27	25	14	0.93
400	0	50.56	2.97	25	14	0.93

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 18. *Cálculo del Índice de Rugosidad del carril izquierdo en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

	Carril Izquierdo		
Distancia	Velocidad	eIRI	cIRI
0.05	26	1.9	2.4
0.1	27	1.1	4.9
0.15	32	1.5	2.9
0.2	11	5.7	3.4
0.25	30	5.8	2.9
0.3	13	2	1.5
0.35	30	1.2	2.6
0.4	29	1.8	5.6
0.45	25	7.3	1
0.5	26	1.5	3.7
0.55	32	4.7	3.2
0.6	36	6	8.3
0.65	28	1.6	4.4
0.7	30	1.8	4
0.75	31	4.6	8.1
0.8	16	7.6	1.4
0.85	22	1.5	0.8
0.9	21	1.7	2.3
0.95	27	10	4.4
1	30	4	3.5
1.05	20	1.1	0.4
1.1	31	1.2	1.8
1.15	28	3.7	1.5
1.2	36	1.5	2.5
1.25	37	1.4	2.8
1.3	39	3.1	5.5
1.35	36	1.7	4.6
1.4	38	1.5	2.4
1.45	37	1.1	2.4
1.5	37	1.2	2.8
1.55	39	1.6	2.8
1.6	38	1.2	1.5
1.65	35	1	1
1.7	34	1.1	2.8
1.75	37	1.3	2.7
1.8	35	1.2	2.3
1.85	38	1.1	1.8
1.9	35	4.3	3.4

1.95	37	6.6	6
2	33	1.3	1.8
2.05	37	1.4	2.2
2.1	38	1.1	1.3
2.15	36	2	3.1
2.2	27	1	2.6
2.25	30	1	1.6
2.3	31	1.4	1.8
2.35	31	1.3	1.9
2.4	32	1.3	1.4
2.45	33	1.1	2
2.5	33	1.4	1.9
2.55	34	1	2.3

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Tabla 19. *Cálculo del Índice de Rugosidad del carril derecho en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023*

Carril Derecho			
Distancia	Velocidad	eIRI	cIRI
0.05	38	1.3	1.9
0.1	35	1.3	1.5
0.15	35	1	1.5
0.2	37	1.1	1.5
0.25	35	1.1	1.5
0.3	36	1	1.2
0.35	39	1	2.1
0.4	33	1.1	1.7
0.45	30	1.5	1.2
0.5	36	2.9	5.4
0.55	36	1	1.5
0.6	36	1.3	1.9
0.65	39	1.4	3.4
0.7	37	2	2.7
0.75	37	1.1	2.5
0.8	37	1.1	1.3
0.85	38	1.1	1.8
0.9	38	1.5	1.5
0.95	38	1	1.1
1	37	1.7	1.9
1.05	39	1.1	2.1
1.1	36	1.8	4.1
1.15	37	0.9	1.3
1.2	39	1.2	2.8
1.25	36	1.7	4.1
1.3	38	1.6	3.4
1.35	35	1.6	2.7
1.4	37	1.1	1.8
1.45	29	2.8	6
1.5	33	1.4	1.6
1.55	32	1.3	2.1
1.6	14	1	1.9
1.65	29	1.3	5.5
1.7	26	6.5	2.6
1.75	22	2.1	2.1
1.8	15	1.5	0.3
1.85	25	2	1.1
1.9	31	3.7	6.9

1.95	33	2.1	5.2
2	27	4.6	1.6
2.05	33	4.4	3.2
2.1	15	8.3	2.4
2.15	17	3	1.8
2.2	20	4.3	0.7
2.25	28	3.8	1.4
2.3	26	1.3	2.1
2.35	19	1.1	1
2.4	30	2	4.6
2.45	17	1.6	0.3
2.5	30	1.5	2.1
2.55	36	2	4.5

Fuente: Datos obtenidos del estudio realizado al pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Histograma de repeticiones obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

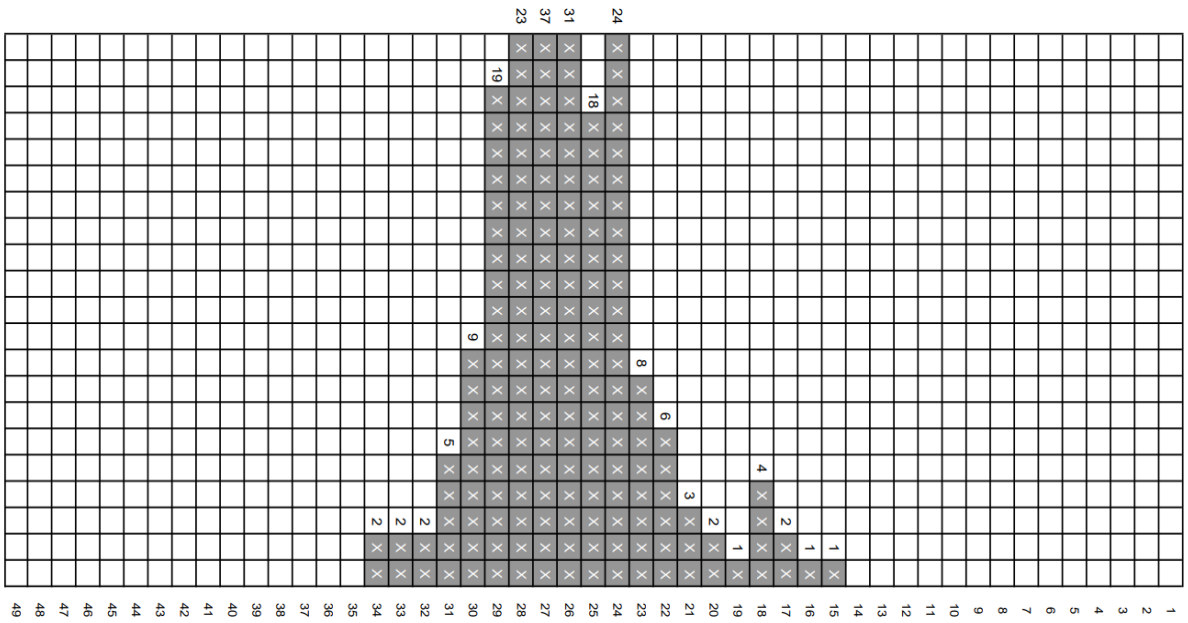


Figura 47. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+000 A 00+400 Carril Derecho Externo

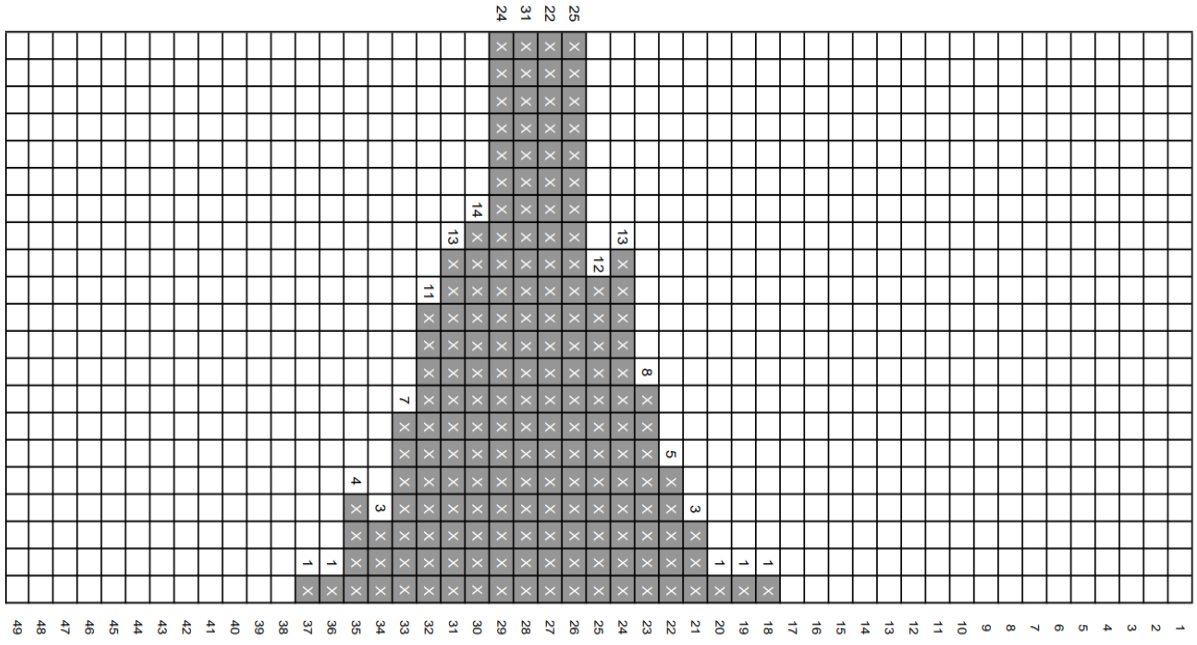


Figura 48. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 0+400 A 00+800 Carril Derecho Externo

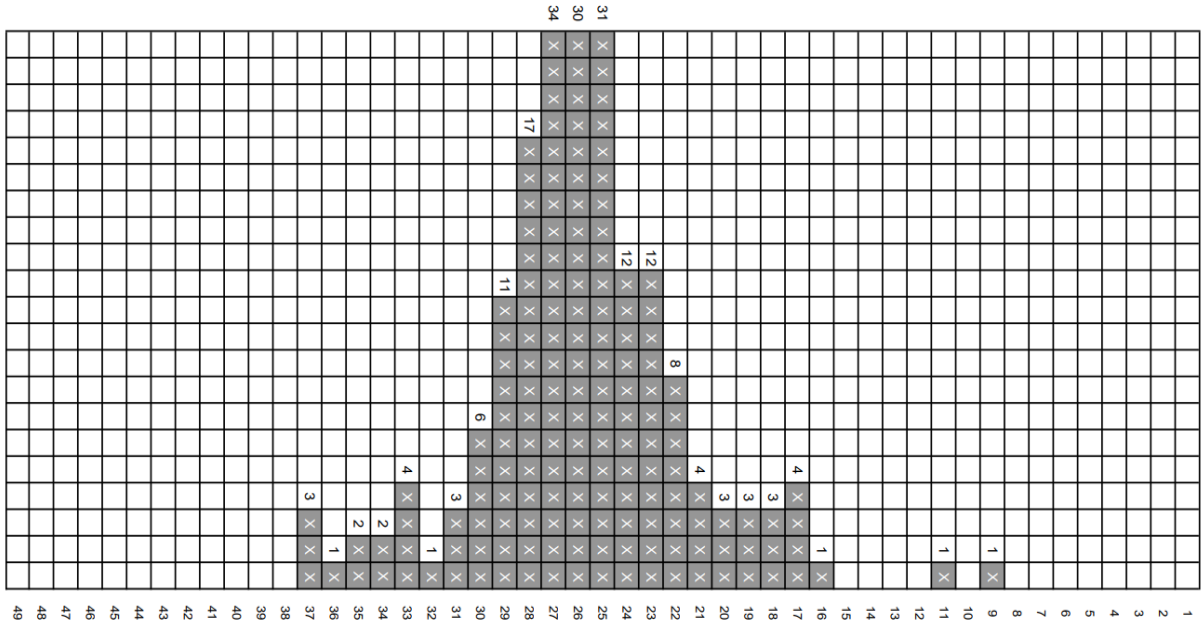


Figura 49. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+800 A 01+200 Carril Derecho Externo

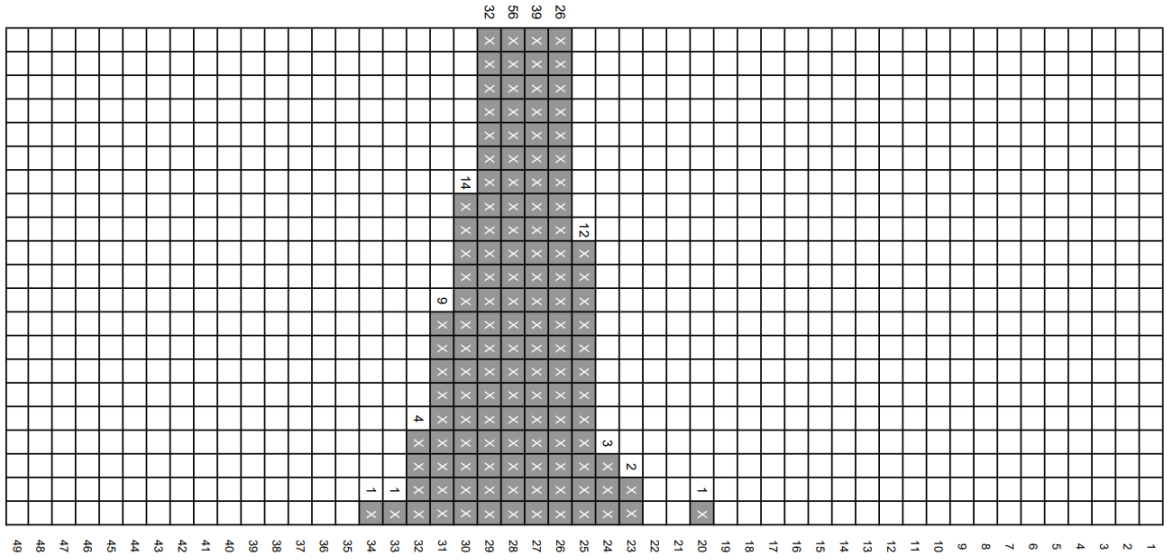


Figura 50. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+200 A 01+600 Carril Derecho Externo

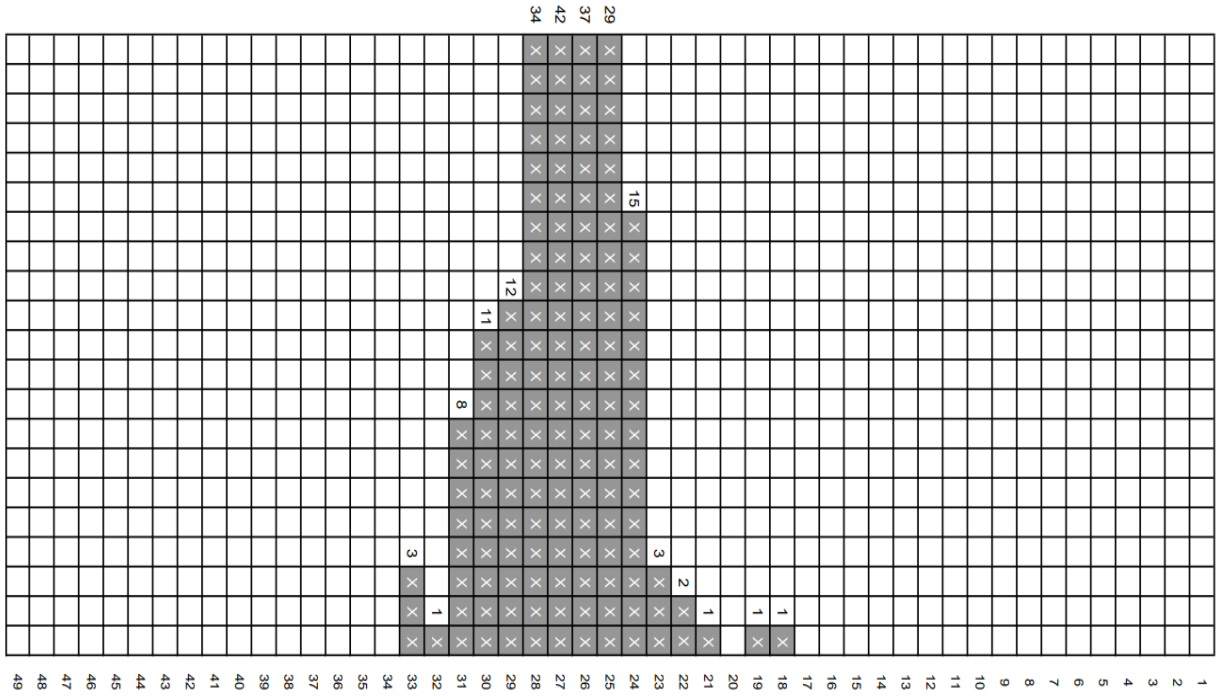


Figura 51. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+200 A 01+600 Carril Derecho Externo

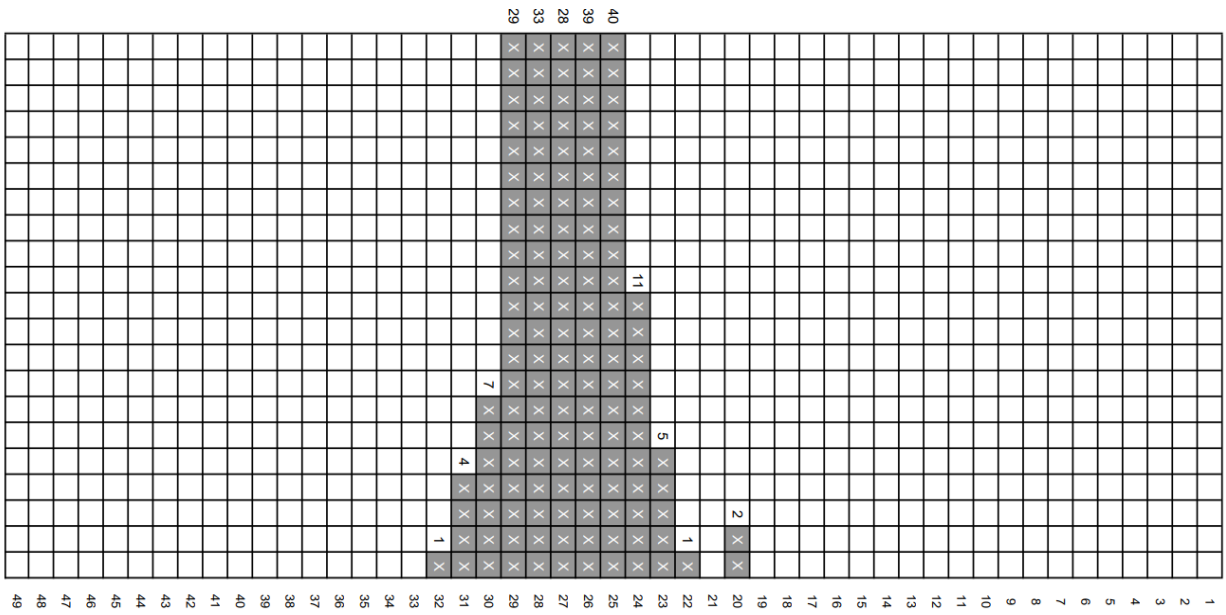


Figura 52. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 02+000 A 02+400 Carril Derecho Externo

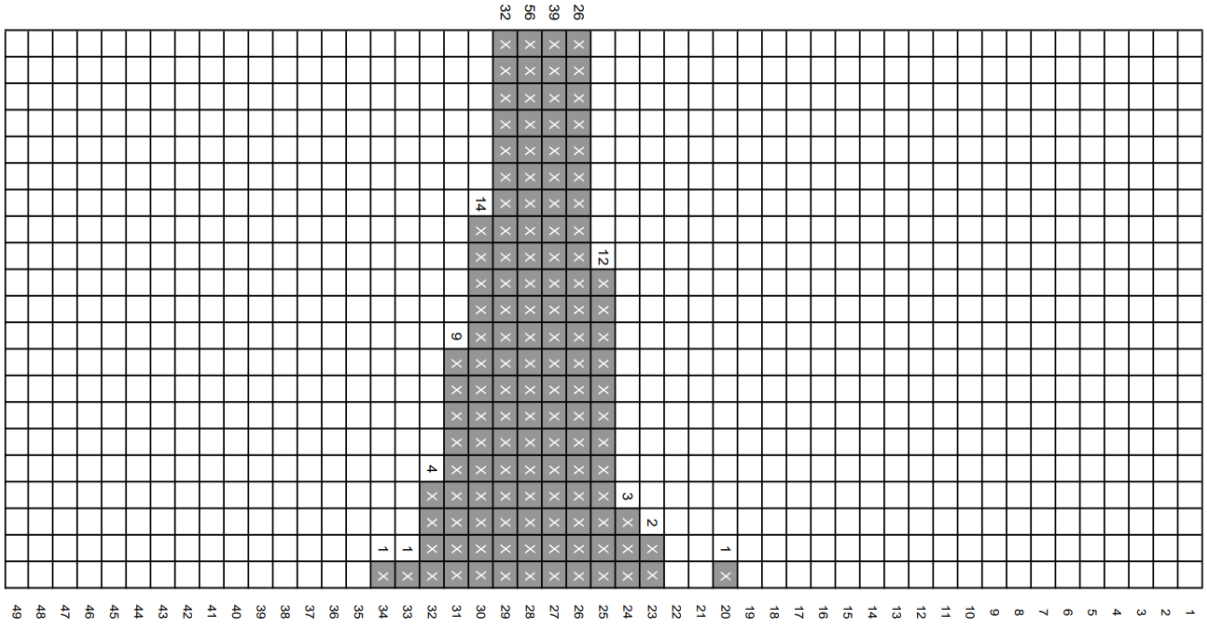


Figura 53. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 02+400 A 02+000 Carril Derecho Interno

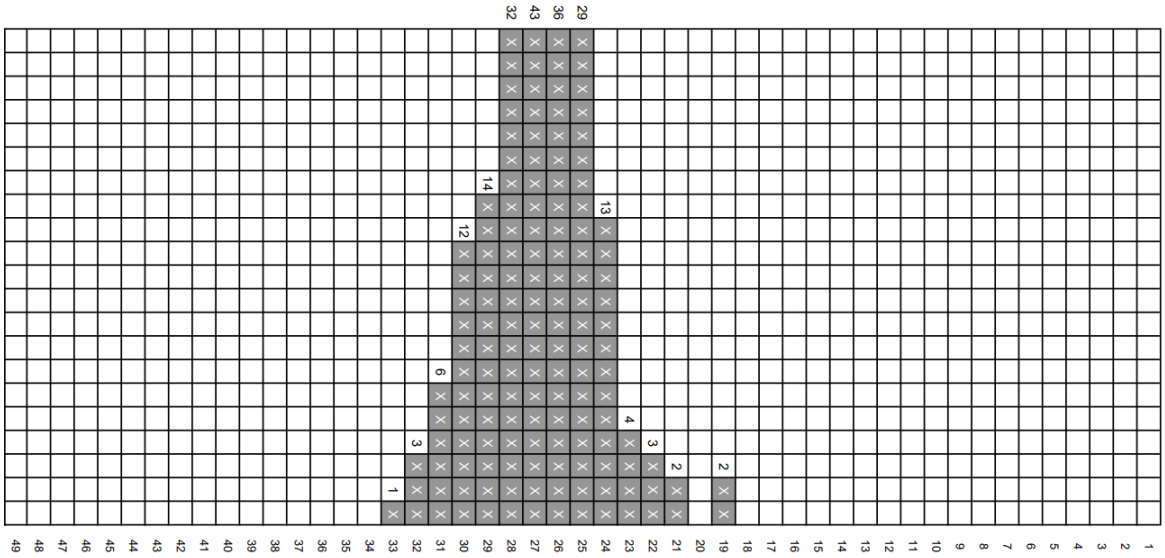


Figura 54. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 02+000 A 01+600 Carril Derecho Interno

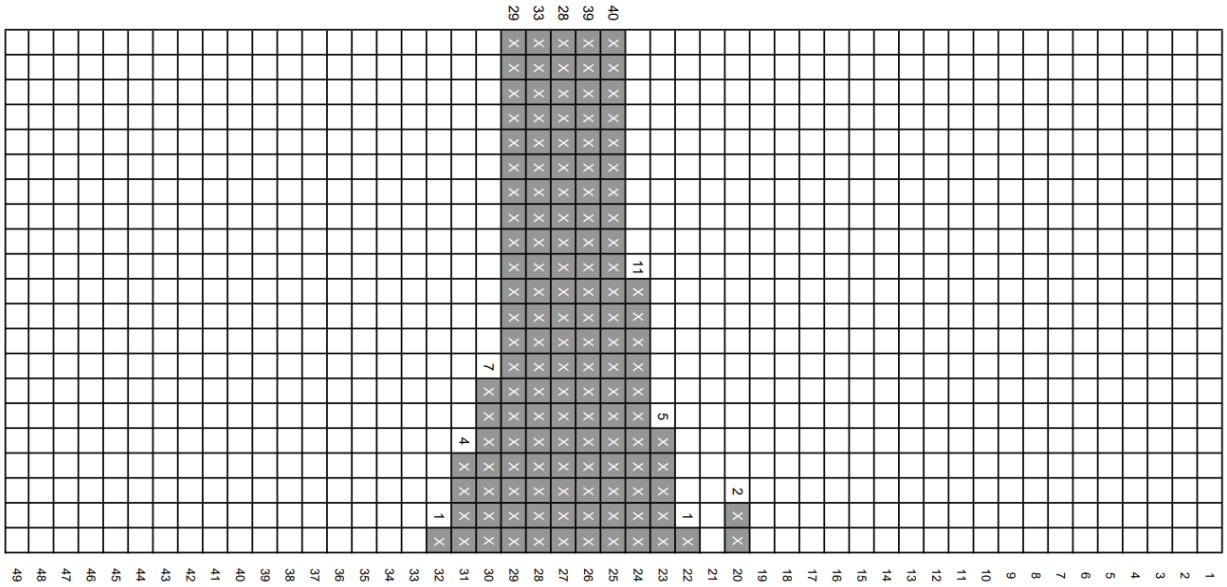


Figura 55. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+600 A 01+200 Carril Derecho Interno

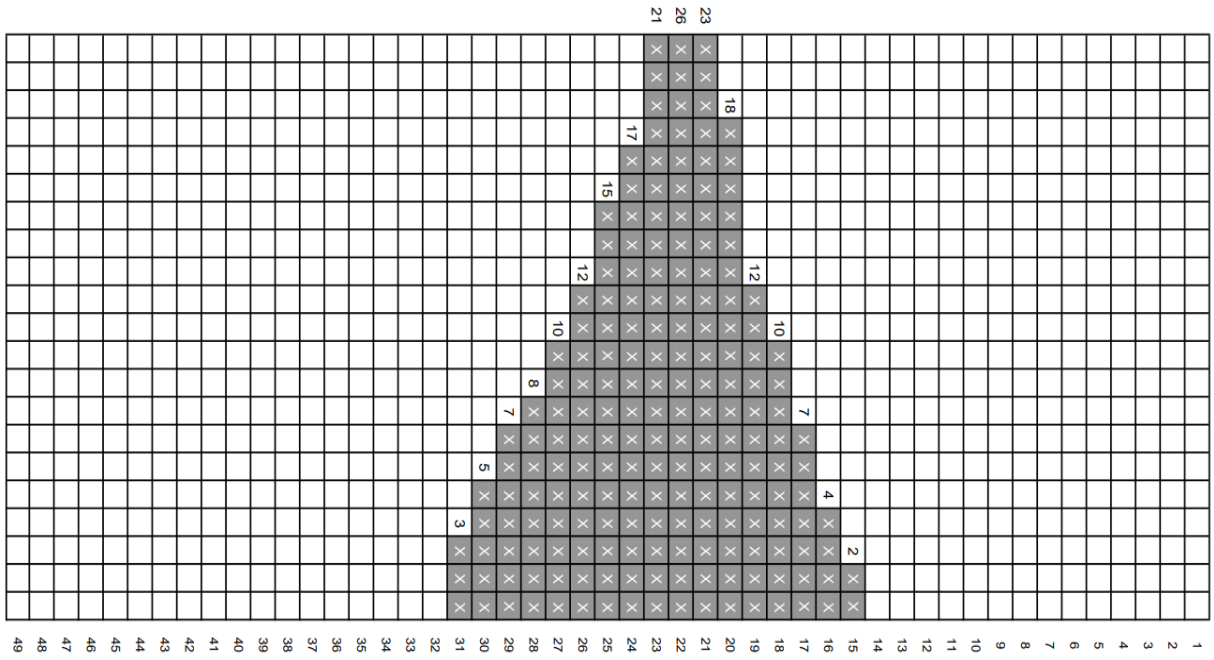


Figura 56. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 01+200 A 00+800 Carril Derecho Interno

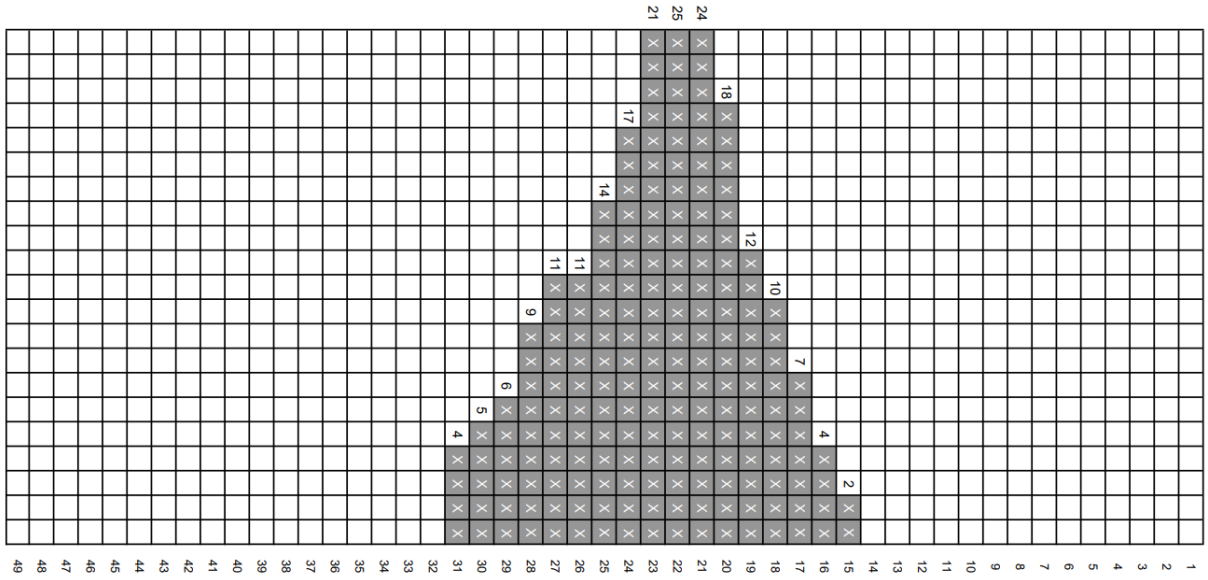


Figura 57. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+800 A 00+400 Carril Derecho Interno

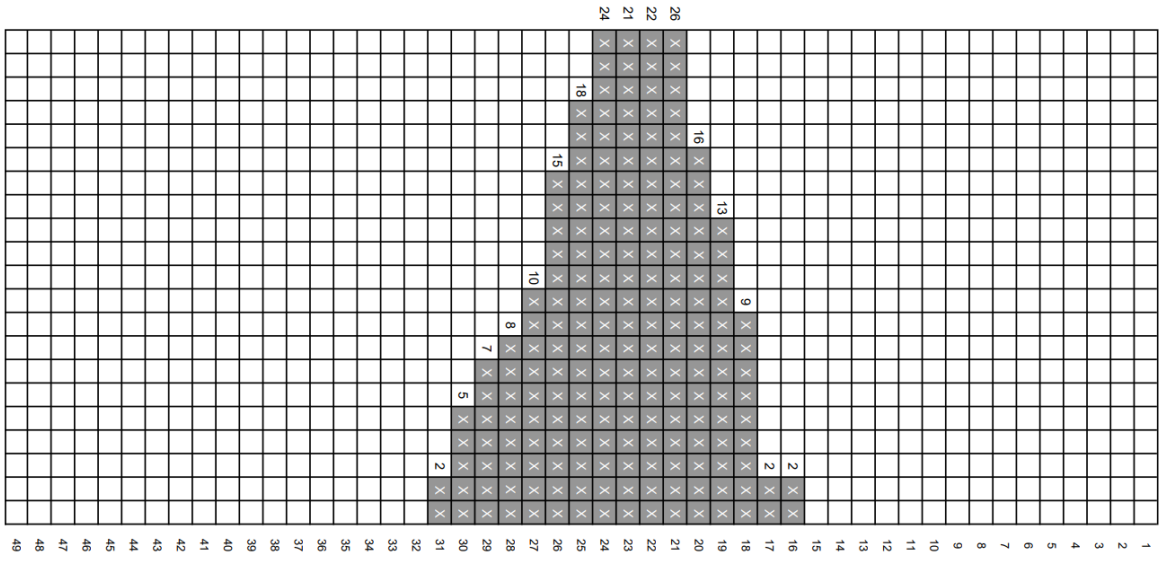


Figura 58. Histograma Repetición-Rugosidad KM. 00+400 A 00+000 Carril Derecho Interno

Resultados del índice de rugosidad obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

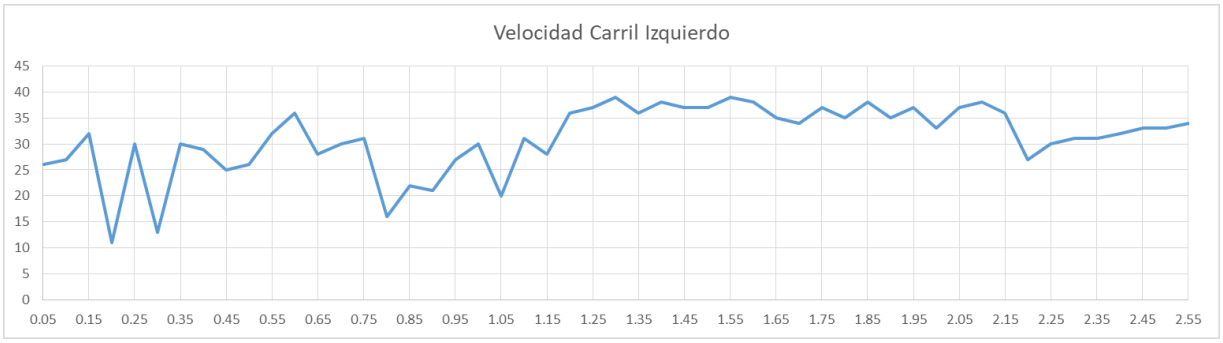


Figura 59. Tiempo vs Velocidad Carril Izquierdo

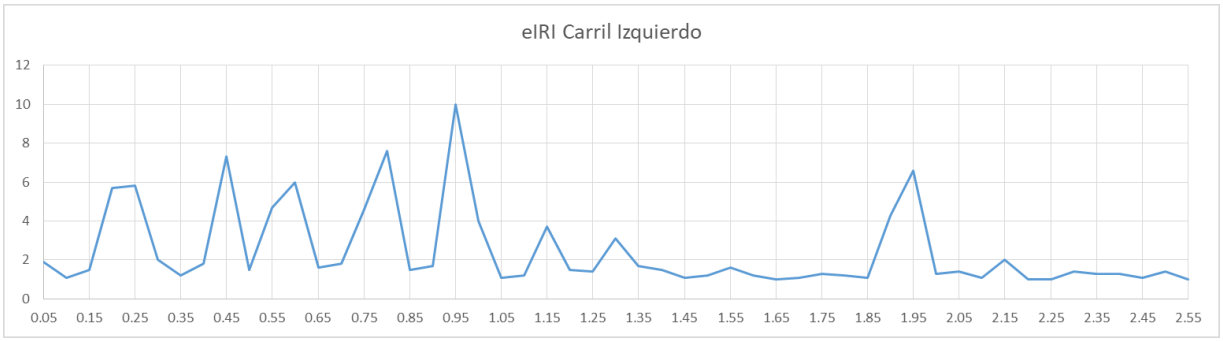


Figura 60. Tiempo vs EIRI Carril izquierdo

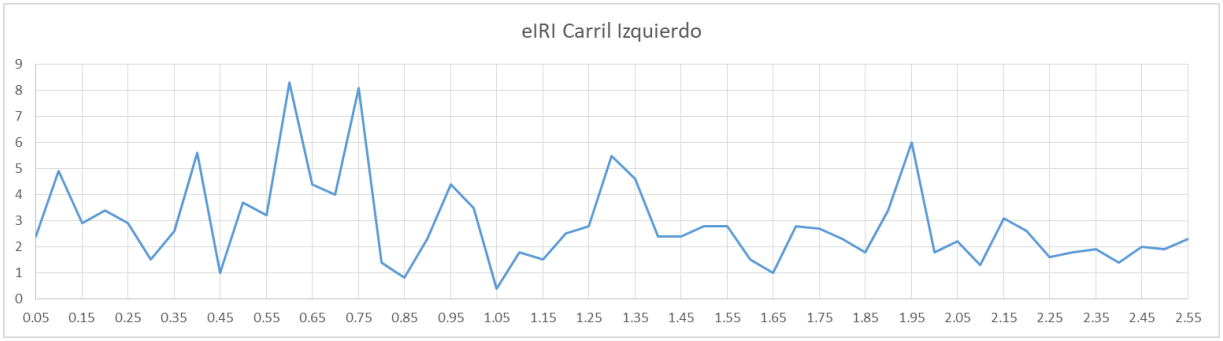


Figura 61. Tiempo vs CIRI Carril izquierdo

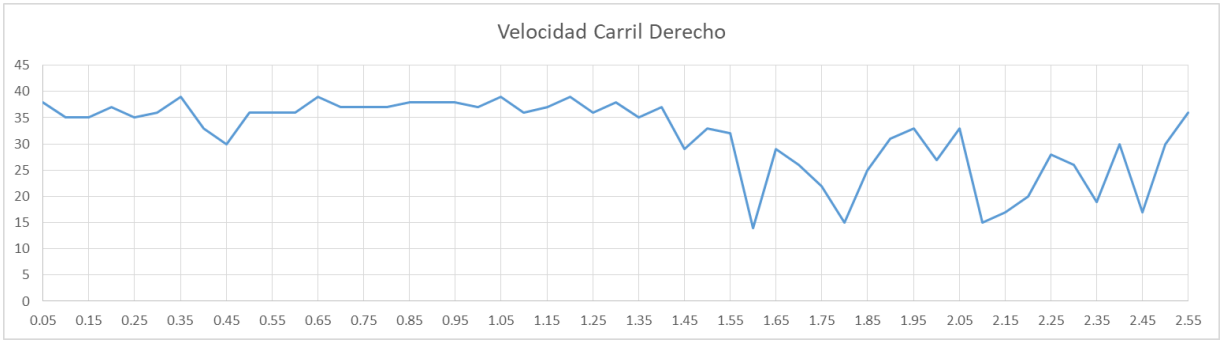


Figura 62. Tiempo vs Velocidad Carril Derecho

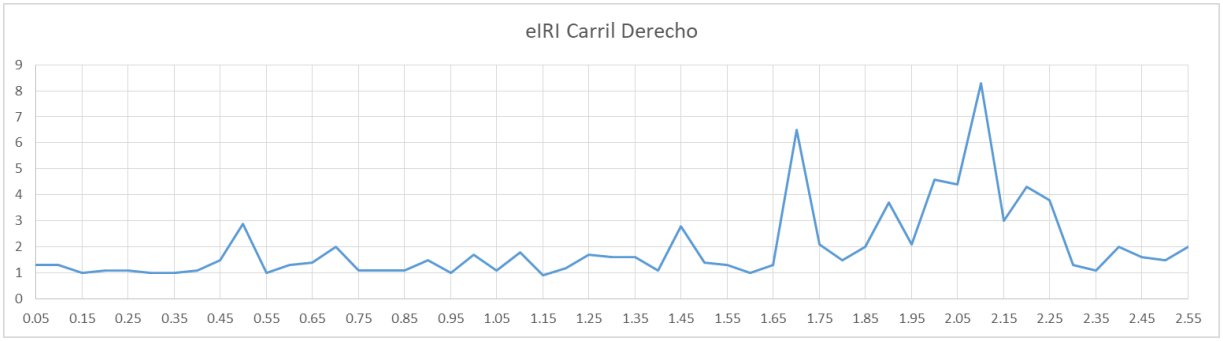


Figura 63. Tiempo vs EIRI Derecho

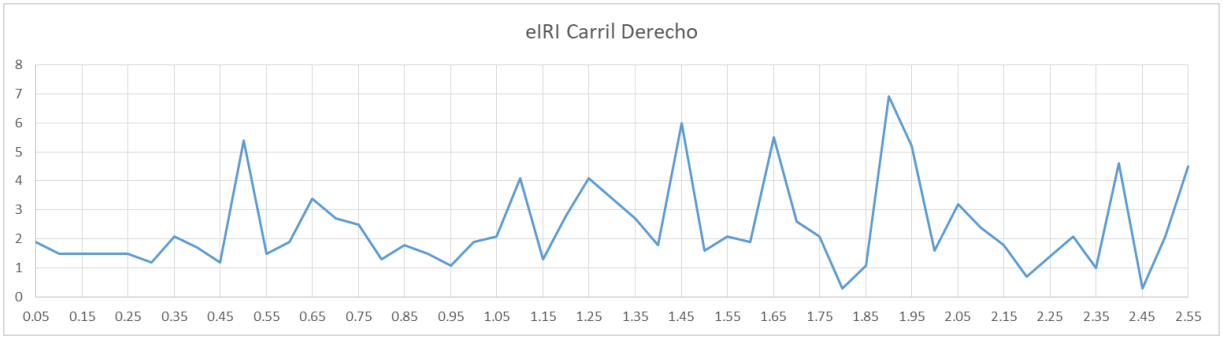


Figura 64. Tiempo vs CIRI Carril Derecho

V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Índice de rugosidad con Roadroid en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Se ha logrado determinar el índice de rugosidad, tanto para el método de roadroid como para el método de merlín, siendo en ambos casos distinto el procedimiento, en el caso de roadroid se ha logrado conseguir una gráfica de la variación del índice de rugosidad estimado y calculado, mientras que en el método de merlín se ha usado un histograma para el cálculo del índice de rugosidad, se había asumido que no se podía calcular la rugosidad mediante ambos métodos, pero se ha demostrado que ambos métodos son lo suficientemente precisos para el cálculo del índice de rugosidad, siendo el primer resultado para el método roadroid de 3, para el caso de merlín se tiene en promedio un valor de 3.26, concluyendo que la variación es pequeña según los gráficos 13 al 18, donde se muestran los gráficos de variación en el recorrido del índice de rugosidad. Nuestra investigación coincide con *Arriola (2021),* en su investigación para lograr el título profesional de Ingeniero Civil se debe utilizar el programa Roadroid en un smartphone y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de la avenida Ejército en la zona de Andahuaylas en el 2021, quien menciona que, han utilizado los resultados de los IRI con el uso de otros dispositivos o experimental poco convencionales como el Roadroid, el cual también puede ser aplicado con el equipo Merlín, este mismo representa una solución para el problema de recorrido linear que puede tener la superficie, considerando grados de similitud de hasta del 5.27% y 3.77%. También menciona *Moyana (2020), en su ficha de investigación "Procedure to determine the International Roughness Index with a mobile application in Piura"* el equipo Merlín realiza mediciones directamente sobre la superficie, tomando la deformación y desplazamientos sobre el recorrido de un vehículo, el cual a su vez es movilizado, por otro lado los pobladores de la zona han presentado varias solicitudes y problemas con el recorrido de los vehículos en las vías, viendo sanciones y posibles controles para los conductores que deterioren más las vías.

Discusión 2: Calcular el índice de rugosidad con Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023.

Se ha podido encontrar que el índice de rugosidad tiene valores de 2.93, 3.01, 3.76, 1.40, 1.60, 1.37, 1.40, 1.63, 1.37, 3.24 y 3.7, según las figuras 1 a 13, donde se grafican de manera detallada estos valores, para el método de equipo de merlín, para el caso del ensayo con roadroid se tiene los mismo resultados, lo cual nos da una idea de la exactitud entre ambos métodos, 2.93, 3.01, 3.76, 1.40, 1.60, 1.37, 1.40, 1.63, 1.37, 3.24 y 3.7, estos resultados se pueden ver primeramente en las tablas 1 a 12, en la tabla 13 se puede ver los resultados del método roadroid, el cual directamente hace los cálculos en la aplicación mostrando el resultado, a diferencia del método de merlín donde es necesario aplicar un procedimiento e incluir el histograma de análisis, los cuales se pueden ver en las tablas 14 a 25. Contrasta con Cabanillas (2018 en su tesis de maestría, “Análisis del índice de rugosidad internacional del área Panamericana Norte - Trujillo” ha verificado el nivel de desempeño a nivel operativo que tiene la vía con el movimiento del vehículo mientras este recorre la superficie, se han considerado también grupos de intervención, donde no se tuvo diferencia estadística significativa en las tasas de flujo que fueron calculadas, también se ha usado el enfoque PDCA, para poder mantener los resultados en el tiempo. En cambio nuestra investigación coincide con lo que menciona Tuesta (2021), en la tesis que realizó para obtener su título profesional de Ingeniero Civil. "Análisis de la variabilidad del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la carretera Baños del Inca - Llacanora, utilizando el equipo MERLIN y la aplicación Roadroid en un Smartphone” Donde el aporte consiste en buscar métodos estimados para el cálculo de los promedios del índice de rugosidad en los pavimentos para optimizar las condiciones de trabajo y reducir la exposición laboral a problemas en la superficie de la vía, con el fin de reducir los problemas que puede tener.

Discusión 3: Histograma de repeticiones obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Se puede apreciar que los histogramas tienen simetría, lo cual es bueno para la aproximación siendo suficiente contemplar su forma para indicar que son correctos, para las figuras 32 a 37 podemos ver la variación de los resultados a lo largo de la cartera, lo cual es una ventaja de roadroid, mientras merlín calcula los resultados para cada 400 m, roadroid lo puede hacer por cada metro, lo cual es una ventaja amas clara, las gráficas que se nos dan son las de velocidad, EIRI, CIRI, velocidad del carril derecho, velocidad del carril izquierdo, los mismos resultados para ambos lados del carril en estudio. Contrasta con lo que menciona *Cotrinas (2021), en su artículo titulado "Determination of the international roughness index (IRI) and the physical and mechanical properties of Km 00 + 000 to Km 09 + 000 of asphalt layer of the EMP.PE-5N route (DV. Lamas), Lamas province, San Martín department"*. Considerando todo el tramo de la vía, desde el inicio hasta el final, se ha tenido los problemas que la estructura del pavimento, que tienen poca cantidad de rugosidad, así como otros problemas de superficie y de rodadura, lo cual deja a que se deba a desarrollar una serie de medidas en campo, así como un control de estos resultados, todo con el fin de evaluar las estrategias de planificar y generar el obedecimiento de los estándares mínimos de la normativa vigente. A su vez *Montoya (2019), en su artículo "Analysis of the ire for a concessioner sinuous highway project in Peru"* luego de haber realizado este procedimiento de medición se procedió a verificar que tantos problemas de rugosidad tenían las carreteras, encontrando que las actividades se pueden llegar a interrumpir en un cierto tiempo, es por ello que las carreteras en estudio en su mayoría necesitan un tratamiento para la reposición de la rugosidad del pavimento, en lo que también se realizado la sugerencia de estas modificaciones y pruebas.

Discusión 4: Resultados del índice de rugosidad obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023

Los resultados de índices de rugosidad 2.93, 3.01, 3.76, 1.40, 1.60, 1.37, 1.40, 1.63, 1.37, 3.24 y 3.7, son parte de un sector de resultados para la carretera, como se propuso el sector de estudio han sido solo 5km de carretera, el sector con problemas más graves de rugosidad, por ello es que se puede indicar que estos resultados van a acorde con lo esperado y son representativos solo para la carretera de 5km, si se quiere estudiar el resto de la carretera es necesario aplicar ensayos o utilizar el dispositivo de roadroid. Coincide con *Condori (2021), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, "Modelo matemático y medición para estimar el Índice de Regularidad Internacional (IRI) preciso en carreteras sinuosas Caso. Tramo Urcos – Ocongate de la Red Vial PE-30C Región Cusco"* los cuales producen la reducción de rugosidad de hasta un 68.3%, este es el valor que se ha encontrado en las vías en estudio, para casos en promedio, para los casos en su mayoría se han encontrado un valor de 82.3%. A su vez *Flores (2021),* en su investigación "Determinación de los parámetros físicos y mecánicos de la carpeta asfáltica desde el km 00 + 000 hasta el km 09 + 000 en la ruta EMP.PE-5N (DV. Lamas), provincia de Lamas, departamento de San Martín, así como el Índice Internacional de Rugosidad (IRI)*",* menciona que la creación de áreas superiores que sirven para la satisfacción de los grupos de control con valores de porcentajes menores al 0.1%, estos enfoques han logrado que el control del índice de rugosidad sea más efectivo y que sea más uniforme sobre todo el área en estudio, se busca también reducir la incidencia de riesgos.

VI. CONCLUSIONES

Se ha logrado determinar la variación de los índices de rugosidad para Cerro Azul Cañete 2023 con la aplicación Roadroid y equipo Merlín, considerando que se ha encontrado los coeficientes de 2.93, 3.01, 3.76, 1.40, 1.60, 1.37, 1.40, 1.63, 1.37, 3.24 y 3.7 en la medición directa del equipo de merlín, para el caso de roadroid se ha usado una aplicación, al cual cuenta instalado el programa y donde se ha encontrado las gráficas del ejemplo anterior, también se han usado y calculado sensores con distintas ecuaciones de manera automática, se han encontrado coeficientes como EIRI y CIRI, los cuales tiene problemas de estabilidad en algunas partes del pavimento, dada la forma que tiene la carreta, incluso el problema de velocidad puede afectar directamente a la rugosidad calculada.

Se ha logrado medir y evaluar el índice de rugosidad con Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023, evaluando el histograma de resultados, el cual refleja como el índice de rugosidad real, el índice de rugosidad empírico o calculado son distintos, por ello es posible que la expresión analítica no detecte bien los resultados dado que se tengan irregularidades, baches o basura en las vías, las cuales no se notan a simple vista porque deben usarse herramientas como un nivel de ingeniero o un levantamiento topográfico, a esa conclusión se ha llega respecto a la forma del histograma, por otro lado se ha evaluado la cantidad de personas que pueden circular por esa vía, lo cual ha mostrado que es una vía importante y por ello se espera que el coeficiente de rugosidad se vea modificado cada cierto tiempo.

Comparar los resultados del histograma de repeticiones obtenidos con Roadroid y Merlín, respecto a la comparación histórica de los valores, se ha tenido una diferencia del 0.2% en promedio, lo cual ha sido una diferencia tan poca, que por ello se recomienda usar la aplicación roadroid, dado que esta puede identificar las mismas rugosidades que el caso de una vía con máquinas de ensayos, incluso la maquina más mecaniza dentro de todos los tipos de análisis, como es la máquina del equipo de merlín, es por ello que no se ha encontrado diferencias, excepto para la zona donde se tiene varios pasos por 0, donde la variación aumenta de manera grande y es

necesario controlar esto elementos tanto para la aplicación, sin embargo en el caso del análisis manual puede no notarse totalmente.

Comparar los resultados del índice de rugosidad obtenidos con Roadroid y Merlín, los valores de índice de rugosidad se dan por distintos efectos primeramente por medir el grado de aceleración vertical que experimenta un acelerómetro al transitar por toda una vía, además de poder continuar en línea recta , considerando que el vehículo puede tener problemas con sus propios ejes, es por ello que se suelen usar vehículos estándares, tales como pequeños triciclos de pocas ruedas, los cuales son manipulados de manera manual, es conclusión se ha logrado tener un índice de rugosidad del tipo satisfactorio, el cual según la clasificación de índices es aceptable, no se han tenido tramos de rugosidad no satisfactoria, tampoco tramos con problemas de rugosidad como pobre, ambos casos son los peores escenarios que puede tener la vía en estudio.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda verificar todas las zonas con posibles de elementos satisfactorios y del tipo bueno, para ello se debe de aplicar una reposición de toda la rugosidad contantemente, ello se logra agregando algún aditivo que pueda mejorar la rugosidad superficial, ya sea con algún tipo de cobertura extra en la superficie, como la colocación de brea o algún tipo de elemento distinto, es por ello que se deben hacer ensayos, para primero identificar la cantidad de rugosidad faltante, para luego aumentar la misma mediante la colocación de superficies falsas que mejoren la rugosidad, para ello se pueden utilizar algún aditivo o distintas herramientas de apoyo.

Para realizar el control de la rugosidad se recomienda utilizar elementos como sensores, estos mismos pueden ser utilizados de manera mecánica, también pueden implementarse en celulares por lo que un vehículo de las entidades públicas puede revisar las aceleraciones verticales constantemente para tener mapeado estos problemas con ello armas mapas de procesamiento y de dibujo del estado de la vía, con ello realizar patrullajes u otras herramientas

Se ha podido ver que en otros países estas aplicaciones están dentro de los vehículos de transporte por norma, ya sea en transporte público, esto con el fin de que se pueda recolectar información sin la necesidad de hacer patrullajes constantemente, para ello también se pude armar aplicativos o sistemas de control de estos problemas y darle solución en un futuro

Realizar pruebas de correlación una vez se tengas los datos de ambas mediciones, puedes realizar pruebas estadísticas para determinar si existe una correlación entre los resultados obtenidos con Roadroid y Merlín. Esto te ayudará a evaluar la consistencia y fiabilidad de ambas mediciones.

REFERENCIAS

AGUILAR AGUINAGA, DANIEL A. Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. Disponible en. http.//tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6935

AERTS, J. Evaluating Flood Resilience Strategies for Coastal Megacities by [et al.]. Science, Vol. 344. 473-475, Mayo 2014. Disponible en. https.//science.sciencemag.org/content/344/6183/473

ANDEX DEL NORTE. Soluciones con Geosintéticos. Geobolsas para Defensas Ribereñas, registro fotográfico. Disponible en. http.//www.andex.com.pe/web/wp-content/uploads/2014/12/ANDEX-SOLUCIONES-CON-GEOSINTETICOS-GEOBOLSAS-PARA-DEFENSAS-RIBEREÑAS.pdf

ANTON CAMACHO, Ana Isabel Lugares adecuados para la utilización de nuevos materiales y formas con geotextiles en la gestión integral de la zona litoral como protección ambiental. Tesis (Doctor). Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid, 2016. Disponible en. http.//oa.upm.es/39190/

BEHAR, Daniel S. Metodología de la Investigación. Editorial Shalom, 2018. ISBN. 978-959-212-783-7. Disponible en. http.//rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20inve stigacion%20este.pdf

CÁCERES, Evert. Estudios para el diseño de geocontenedores de geotextil tejido como aplicación de rompeolas para la formación de playa. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería, 2023. Disponible en. http.//cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3791

CASTRO, ANYELO. Erosiones del litoral costero de Trujillo originado por la construcción del molón retenedor de arena del terminal portuario de Salaverry. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima, Perú. Universidad Nacional

de Ingeniería, 2019. Disponible en. http.//cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4390

CHICO RAMÍREZ, Laura L. Y TAPIAS VARGAS, Yina M. Análisis y aplicación del uso de estructuras hidráulicas blandas empleando geosintéticos para la protección costera, caso de estudio. Estructuras en la línea de costa de Cartagena de Indias. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Cartagena, Colombia. Universidad de Cartagena, 2019. Disponible en. http.//repositorio.unicartagena.edu.co.8080/jspui/handle/11227/1362

CLARK, J. Coastal Zone Managment Handbook, 1st Edition. Lewis Publishers, London, 1995. 695 pp.

COLETTI, N. La protección de la costa del Perú y su control en la erosión del mar, La Herradura, Chorrillos - Perú. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima, Perú. Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en. http.//repositorio.ucv.edu.pe

CRUZ, Evelyn. La erosión costera y su influencia en la oferta de servicios del sector hotelero del distrito de Huanchacho 2009 – 2014. Tesis (Título de Economista). Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo, 2015. Disponible en. http.//dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/2139/

DAL FARRA, A., RODRÍGUEZ, C. Utilización de geosintéticos en defensa de márgenes – casos de obras. Instituto de recursos hídricos, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, 2005.

DÍAZ J.; ESCOBAR O. Y OLIVO E. Aplicación de los Geosintéticos en la estructura de los Pavimentos y en Obras de Drenaje para carreteras. Trabajo de Graduación (Ingenierio Civil). San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador, 2009. 35-345 pp. Disponible en. http.//ri.ues.edu.sv/2100/1/Aplicacion_de_los_geosintéticos_en_la_estructura_de_los_ pavimentos_y_en_obras_de_drenaje_para_carreteras.pdf

EUROPEAN COMMISSION. Living with Coastal Erosion in Europe. Sediment and Space for Sustainability by Doody P. [et al.]. Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities, 2004. Disponible en. http.//www.eurosion.org/project/eurosion_en.pdf ISBN. 92-894-7496-3

GOLDBERG, Edward D. Coastal zone space – Prelude to conflict? UNESCO. Paris, Francia. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1994. 1-138 pp. Disponible en. https.//unesdoc.unesco.org/ark./48223/pf0000097028 ISBN. 92-3-102953-3

GONZÁLEZ, Luis M.; Croz, Luis D. y Gómez, Juan A. Vulnerabilidad de las playas arenosas del Caribe de Panamá a la elevación en el nivel del mar. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Vol. 51 (2). 187-191, 2012.

GYSSELS, Paolo. Optimización y diseño de estructuras de defensa costera de enrocado en el litoral argentino. Tesis de Postgrado (Doctorado en Ciencias de la Ingeniería). Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, 2014. Disponible en. https.//rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1961

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6ta ed. México D.F. McGraw-Hill, 2014. 152 pp. ISBN. 978-1-4562-2396-0

HINRICHSEN, D. Coastal Waters of the World. Trends, Threats and Strategies. Washington, D.C., Island Press (1). 275pp, 1998. ISBN. 1-55963-382-4

PADILLA Ana Impacto ambiental generado por erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad, Perú [et al.]. Revista Científica. Universidad Nacional de Trujillo, Vol. 33 (2). 11-22, 2013. Disponible en. http.//revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/552

JUANES, José L. La erosión en las playas de Cuba – Alternativas para su control. Tesis de Grado Científico (Doctorado en Ciencias Geográficas). La Habana, Cuba. Instituto de Oceanología, 1996. 175 pp.

KOMAR, P. D. Coastal processes and the susceptibilities of properties to erosion. Bordeaux, France. Proceeding International Conference “Coastal Change 1995” Bordemer – IOC, 1995. 183-200 pp.

MEDINA, J.; TINTORÉ, J. y DUARTE, C. Las praderas de Posidonia Oceánica y la regeneración de playas. Revista de Obras Públicas (3409). 31-43, Abril 2001. Disponible en https.//uicnmed.org/bibliotecavirtualposidonia/wp-content/uploads/2014/05/Las-praderas-marinas-y-la-regeneracion-de-playas.pdf

MERLOTTO, A.; BÉRTOLA, G. y Piccolo M. Riesgo a la erosión en las ciudades de Necochea y Quequén, provincia de Buenos Aires, Argentina. Contribuciones Científicas GÆA, Vol. 23. 151-158, 2011. Disponible en. http.//www.gaea.org.ar/15.GAEA23-Merlotto.pdf ISNN. 0328-3194

NORDSTROM, Karl F. Erosion Control Strategies for Bay and Estuarine Beaches. Coastal Management, Vol. 17 (1). 25-35, 1989.

OJEDA ZÚJAR, José. Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (30). 103-118, 2000. Disponible en. https.//hdl.handle.net/11441/73717

PALELLA STRACUZZI, Santa y MARTINS PESTANA, Feliberto. Metodología de la investigación. 3era ed. Caracas. Editorial Fedupel, 2012. ISBN. 980-273-445-4

PARDO PASCUAL, Josep E. La erosión antrópica en el litoral valenciano. Valencia. Editorial Generalitat Valenciana. Conselleria d´Obres Publiques, Urbanisme i Transports, 1991.

RAMÍREZ CHUMACERO, Alejandro. Procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles para protección costera en Colán - Piura. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú. Universidad de Piura, 2017. Disponible en. https.//pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3060

SAATHOFF, F.; OUMERACI, H. & RESTALL, S. Australian and German experiences on the use of geotextile containers. Geotextiles and Geomembranes, Vol. 25 (4-5). 251-263, Agosto-Octubre 2007. Disponible en. https.//doi.org/10.1016/j.geotexmem.2007.02.009

SÁNCHEZ, H. Y REYES, C. Metodología y diseños en la investigación científica. Lima. Editorial Bussines Suport, 2015.

SMALL, C. & NICHOLLS, R. J. A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. Journal of Coastal Research, Vol. 19 (39). 584-599, Summer 2003. Disponible en. https.//www.jstor.org/stable/4299200

SNEADAKER, S. C. & GETTER, C. D. Coastal Resources Management Guidelines. Coastal Management Publication N°2. Columbia, South Carolina. Research Planing Institute, Inc., 1985.

SÚAREZ DÍAZ, Jaime. Control de erosión en zonas tropicales. 1ra edición. Bucaramanga - Colombia. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Noviembre 2001. ISBN. 958-33-2734-4

SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga – Colombia. Insituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Julio 1998. Disponible en. http.//desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf

TRISTÁ, E. El problema de la erosión de las costas de Cuba en el marco del desarrollo sostenible. Trabajo para defender el examen de mínimo. 17 pp. (Informe inédito)

VICIANA MARTÍNEZ-LAGE, Alfonso. La erosión antrópica en las acumulaciones sedimentarias del litoral almeriense (1957-1995). Tesis (Doctorado). España. Universidad de Granada, 1998. Disponible en. https.//dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=130113

VILES, H. & SPENCER, T. Coastal problems. geomorphology, ecology and society at the coast. London, Edward Arnold. 350 pp., 1995.

VITTAL HEDGE, Arkal. Coastal erosion and mitigation methods – Global state of art. Indian Journal of Geo-Marine Science, Vol. 39 (4). 521-530, Diciembre 2010. Disponible en. http.//nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/10799/1/IJMS%2039%284%29%20521-530.pdf

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA
Problema General	**Objetivo General**	Baptista (2019) No todas las investigaciones cuantitativas plantean hipótesis. El hecho de que se formulen o no las hipótesis en una investigación depende de un factor esencial: el alcance inicial del estudio. Esta investigación por ser de tipo cuantitativo y de nivel descriptivo no será necesario utilizar hipótesis			Protuberancia	IRI	Rugosímetro	Coeficiente
¿Cuál es la comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023?	comparar del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023.				Velocidad media	Velocidades medidas	Medición de campo	m/s
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**		**UNICA**	**RUGOSIDAD**	Kilometro	Distancia	Sensor de movimiento	Km
¿Como medir y evaluar el índice de rugosidad con Roadroid en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023?	Medir y evaluar el índice de rugosidad con Roadroid en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023				Sensor vertical	Aceleración	Rugosímetro	m/s2
¿Cómo medir y evaluar el índice de rugosidad con Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023?	Medir y evaluar el índice de rugosidad con Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023							
¿Cómo comparar los resultados del histograma de repeticiones obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023?	Comparar los resultados del histograma de repeticiones obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023							
¿Como comparar los resultados del índice de rugosidad obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023?	Comparar los resultados del índice de rugosidad obtenidos con Roadroid y Merlín en el pavimento de Cerro Azul Cañete 2023							

ANEXOS 2: MATRIZ PARA LA EVALUACIÓN DE EXPERTO.

Título de la investigación:	Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Rooga en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023
Línea de investigación:	Carreteras
Apellidos y nombres del experto:	Prysila Abilen Loayza Lozano
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	**Preguntas**	**Aprecia**		**Observaciones**
		SÍ	**NO**	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	x		

Sugerencias:

PRYSILA ABILEN LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 287222

Firma del experto:
DNI 72161121

PRYSILA ABILEN LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 287222

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS|

Título de la investigación:	Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Rooga en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023
Línea de investigación:	Carreteras
Apellidos y nombres del experto:	Yordi Gerardo Ramos Vilchez
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO.
Asimismo, le exhortamos
en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	x		

Sugerencias:

Firma del experto:

DNI 72888970

YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS|

Título de la investigación:	Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Rooga en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023
Línea de investigación:	Carreteras
Apellidos y nombres del experto:	
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Independiente

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO.
Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	**Preguntas**	**Aprecia**		**Observaciones**
		SI	**NO**	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	x		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	x		

Sugerencias:

Firma del experto:

DNI

Fuente: Elaboración propio

ANEXOS 4: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

RESULTADOS DE LOS DATOS RECOLECTADOS - ROADROID

Proyecto: Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023

Nro	Tiempo	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	eIRI Derecho	cIRI Derecho	Velocidad (m/s)	eIRI Izquierdo	cIRI Izquierdo
1	0	0.05	26	1.9	2.4	38	1.3	1.9
2	5	0.1	27	1.1	4.9	35	1.3	1.5
3	10	0.15	32	1.5	2.9	35	1	1.5
4	15	0.2	11	5.7	3.4	37	1.1	1.5
5	20	0.25	30	5.8	2.9	35	1.1	1.5
6	25	0.3	13	2	1.5	36	1	1.2
7	30	0.35	30	1.2	2.6	39	1	2.1
8	35	0.4	29	1.8	5.6	33	1.1	1.7
9	40	0.45	25	7.3	1	30	1.5	1.2
10	45	0.5	26	1.5	3.7	36	2.9	5.4
11	50	0.55	32	4.7	3.2	36	1	1.5
12	55	0.6	36	6	8.3	36	1.3	1.9
13	60	0.65	28	1.6	4.4	39	1.4	3.4
14	65	0.7	30	1.8	4	37	2	2.7
15	70	0.75	31	4.6	8.1	37	1.1	2.5
16	75	0.8	16	7.6	1.4	37	1.1	1.3
17	80	0.85	22	1.5	0.8	38	1.1	1.8

18	85	0.9	21	1.7	2.3	38	1.5	1.5
19	90	0.95	27	10	4.4	38	1	1.1
20	95	1	30	4	3.5	37	1.7	1.9
21	100	1.05	20	1.1	0.4	39	1.1	2.1
22	105	1.1	31	1.2	1.8	36	1.8	4.1
23	110	1.15	28	3.7	1.5	37	0.9	1.3
24	115	1.2	36	1.5	2.5	39	1.2	2.8
25	120	1.25	37	1.4	2.8	36	1.7	4.1
26	125	1.3	39	3.1	5.5	38	1.6	3.4
1	0	1.35	36	1.7	4.6	35	1.6	2.7
2	5	1.4	38	1.5	2.4	37	1.1	1.8
3	10	1.45	37	1.1	2.4	29	2.8	6
4	15	1.5	37	1.2	2.8	33	1.4	1.6
5	20	1.55	39	1.6	2.8	32	1.3	2.1
6	25	1.6	38	1.2	1.5	14	1	1.9
7	30	1.65	35	1	1	29	1.3	5.5
8	35	1.7	34	1.1	2.8	26	6.5	2.6
9	40	1.75	37	1.3	2.7	22	2.1	2.1
10	45	1.8	35	1.2	2.3	15	1.5	0.3
11	50	1.85	38	1.1	1.8	25	2	1.1
12	55	1.9	35	4.3	3.4	31	3.7	6.9
13	60	1.95	37	6.6	6	33	2.1	5.2
14	65	2	33	1.3	1.8	27	4.6	1.6

15	70	2.05	37	1.4	2.2	33	4.4	3.2
16	75	2.1	38	1.1	1.3	15	8.3	2.4
17	80	2.15	36	2	3.1	17	3	1.8
18	85	2.2	27	1	2.6	20	4.3	0.7
19	90	2.25	30	1	1.6	28	3.8	1.4
20	95	2.3	31	1.4	1.8	26	1.3	2.1
21	100	2.35	31	1.3	1.9	19	1.1	1
22	105	2.4	32	1.3	1.4	30	2	4.6
23	110	2.45	33	1.1	2	17	1.6	0.3
24	115	2.5	33	1.4	1.9	30	1.5	2.1
25	120	2.55	34	1	2.3	36	2	4.5

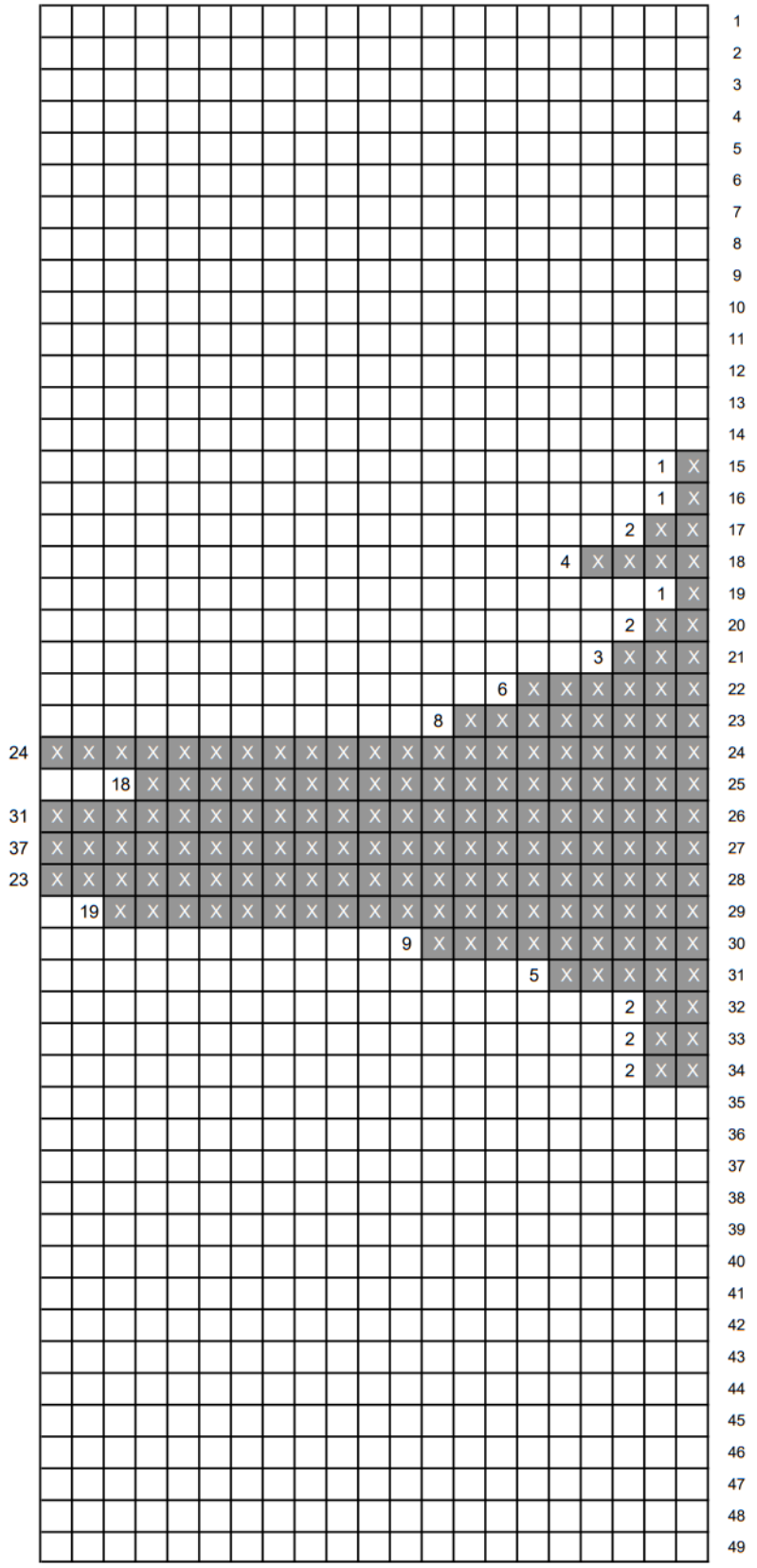
Firma del experto:

DNI 72161121

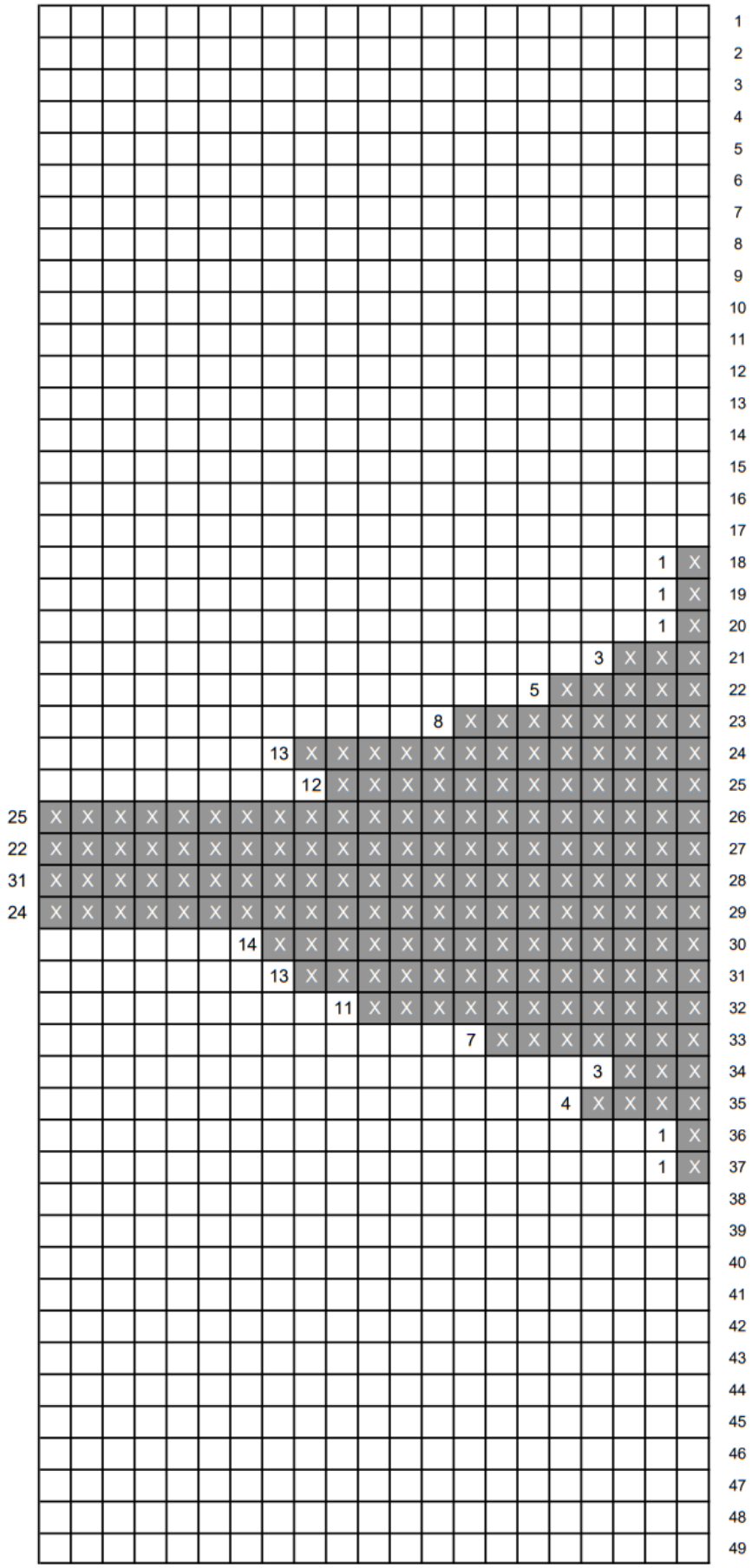
Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE LOS DATOS RECOLECTADOS -MERLIN

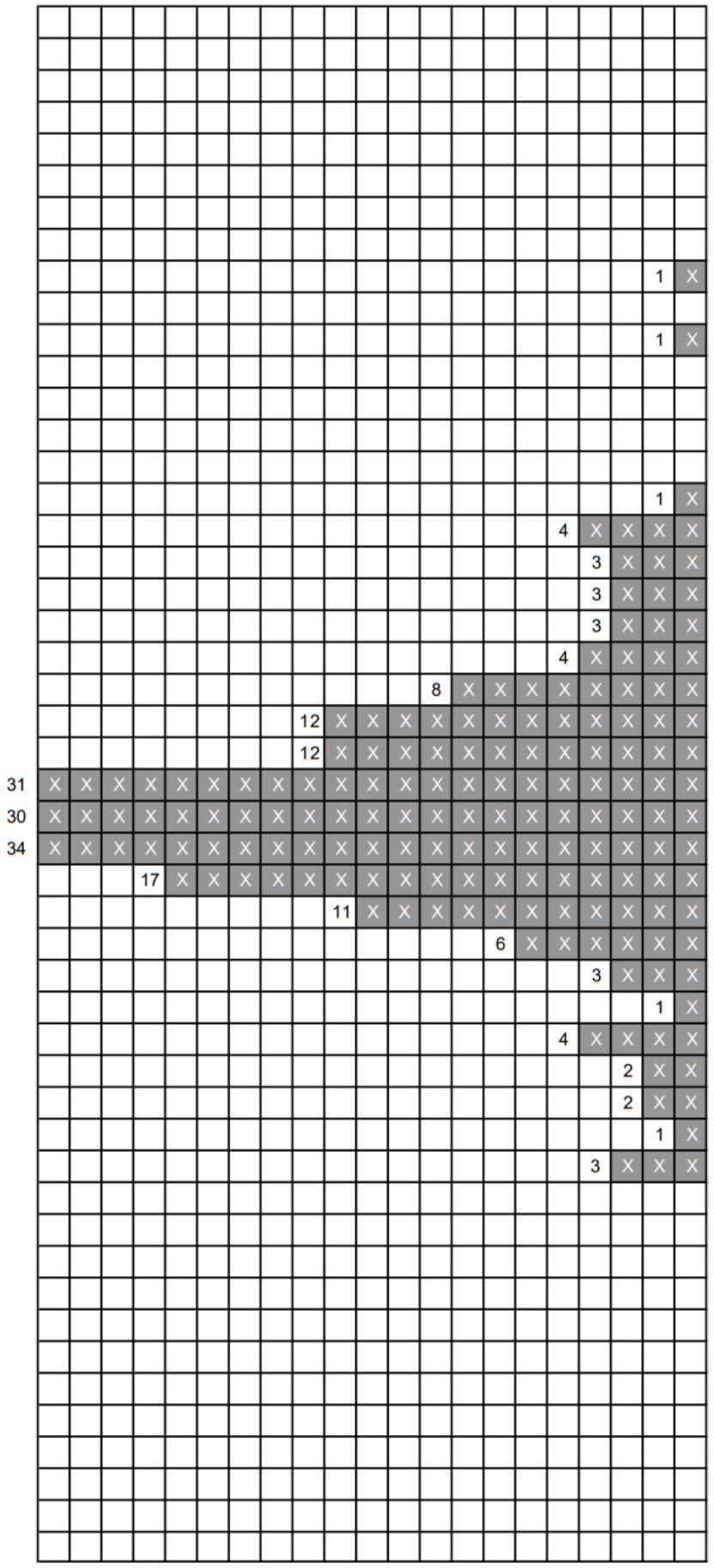
Proyecto: Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023



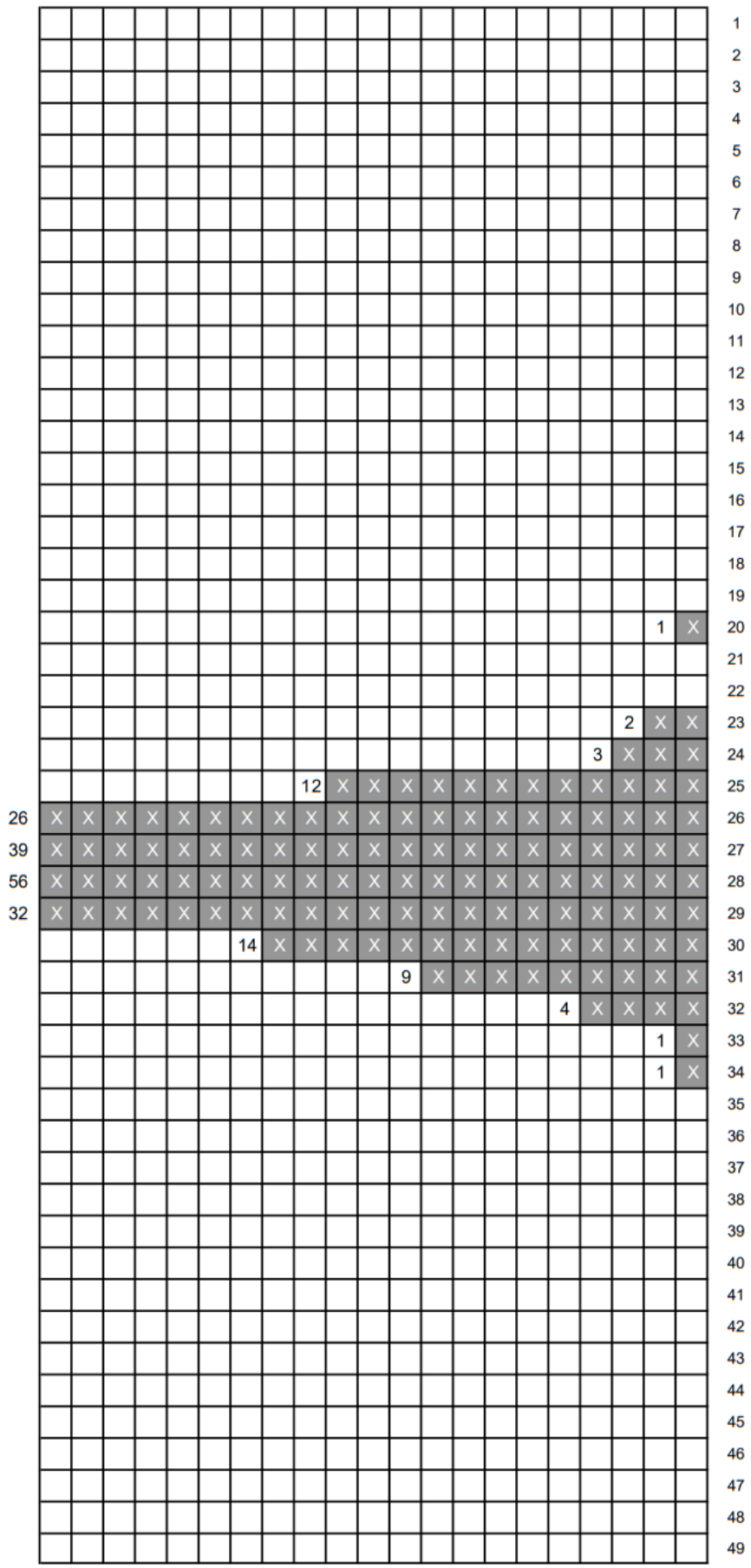
PRYSILA ABILEN
LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP N° 287222



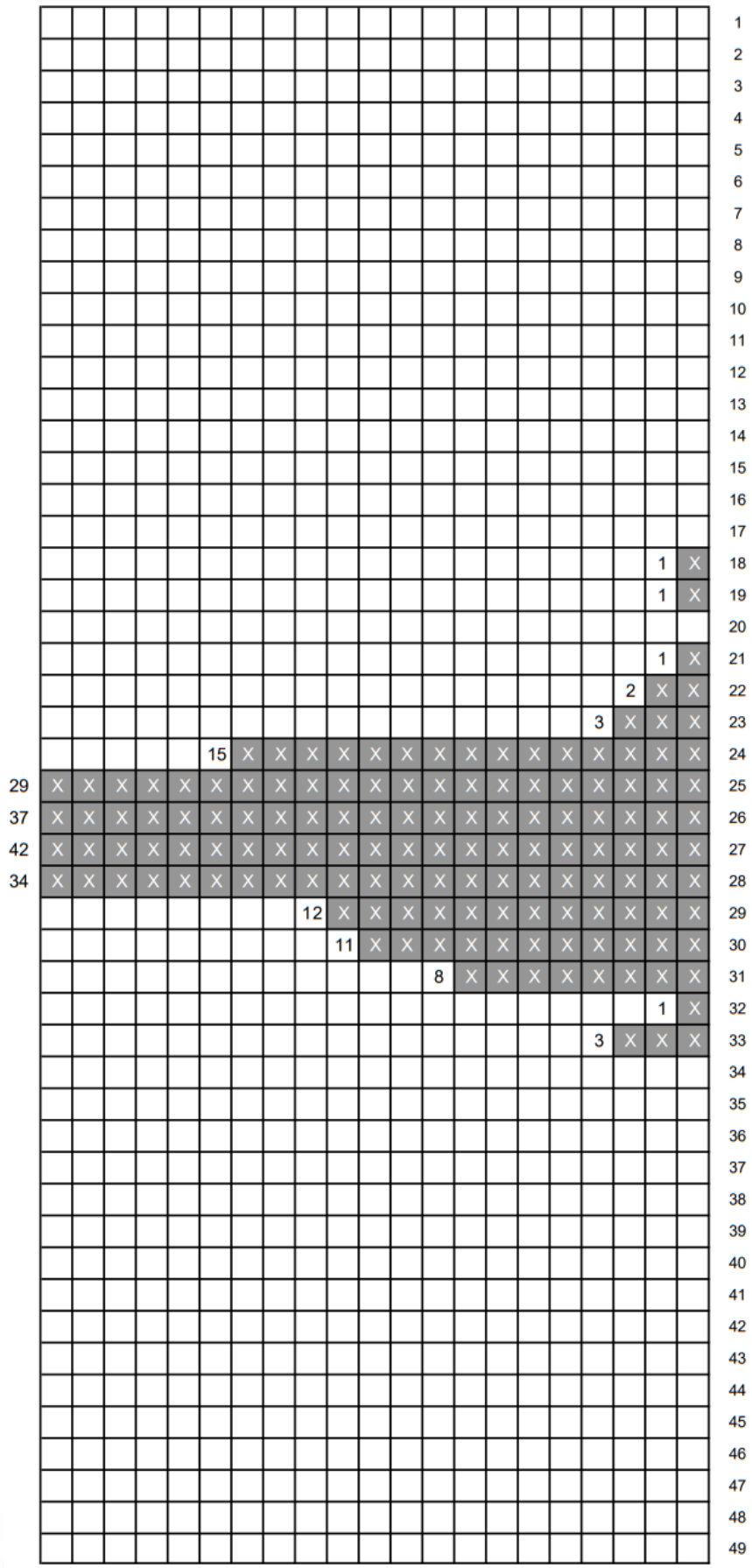
PRYSILA ABILEN
LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 267222



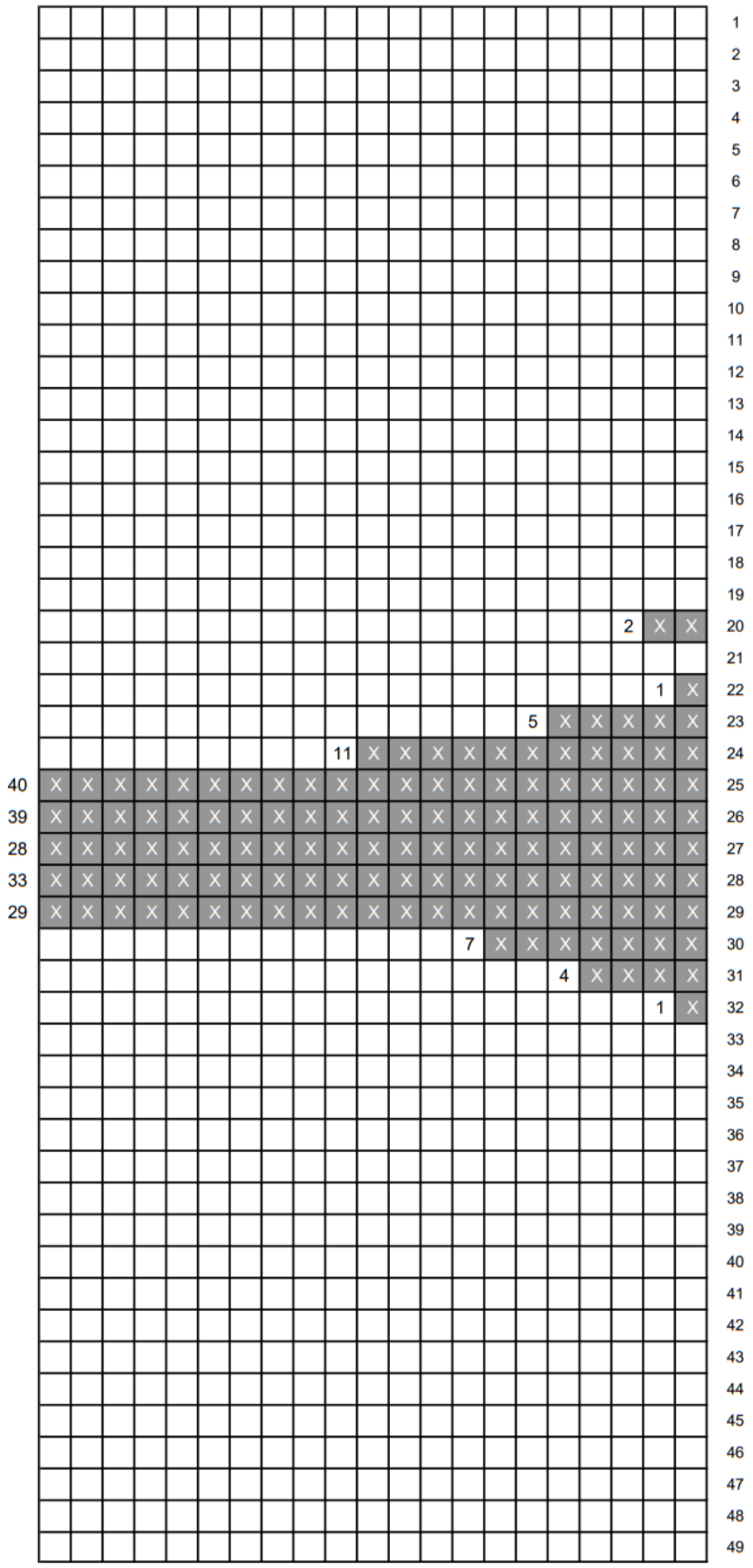
PRYSILA ABILEN
LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 257222



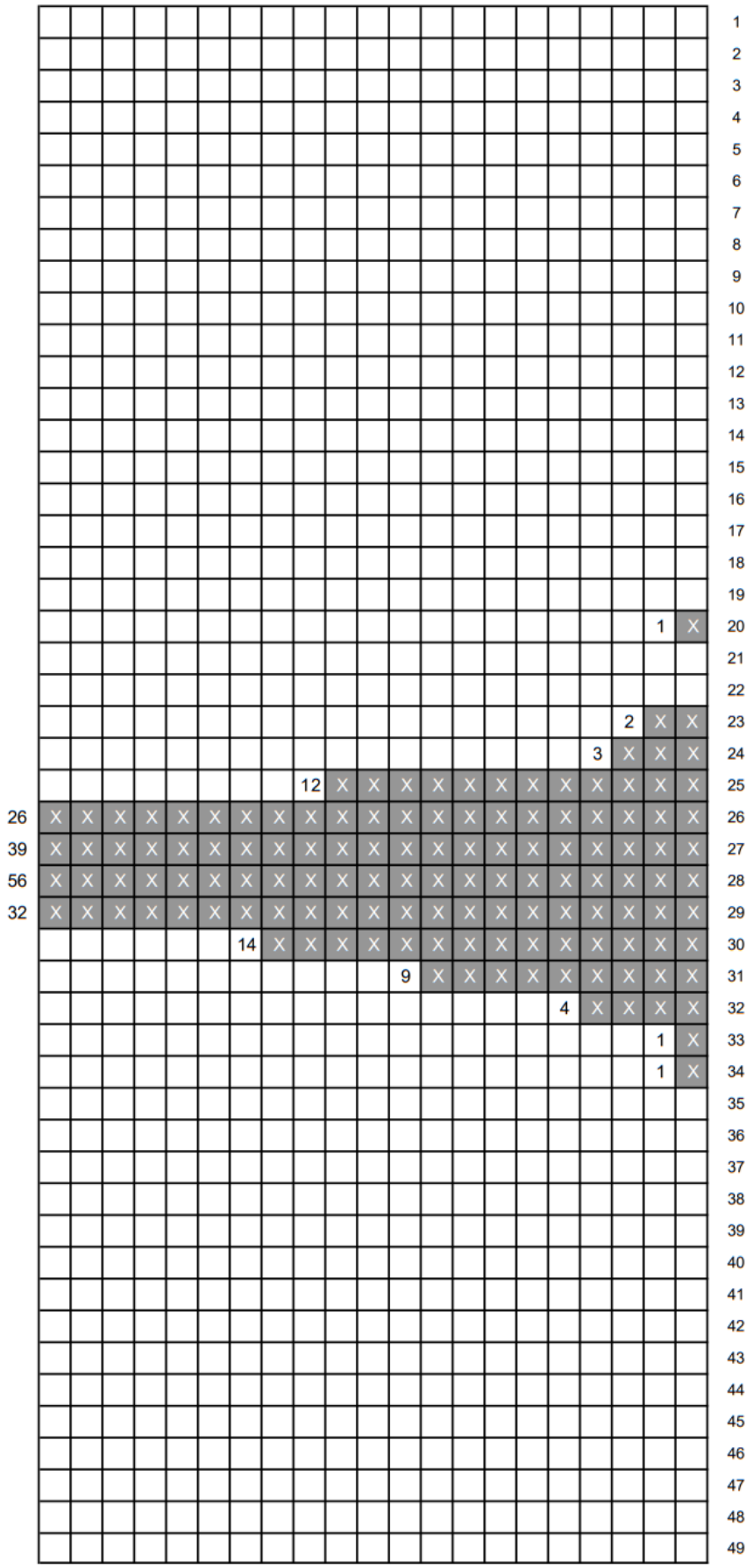
PRYSILA ABILEN
LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 267222



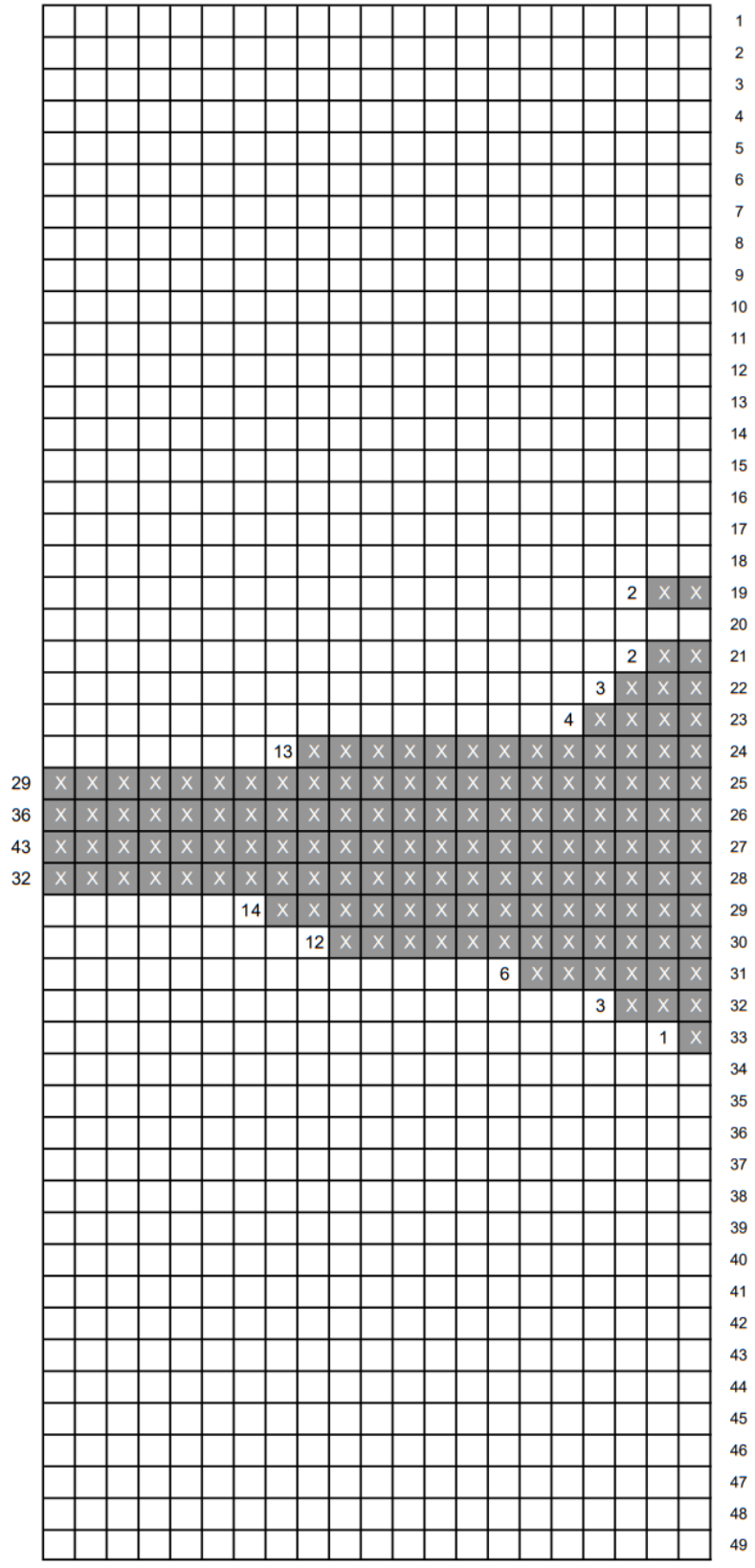
PRYSILA ABILEN
LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 287222



PRYSILA ABILEN
LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 287222



PRYSILA ABILEN
LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 287222



Firma del experto:

DNI 72161121

PRYSILA ABILEN LOAYZA LOZANO
Ingeniera Civil
CIP Nº 287222

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE LOS DATOS RECOLECTADOS - ROADROID

Proyecto: Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023

Nro	Tiempo	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	eIRI Derecho	cIRI Derecho	Velocidad (m/s)	eIRI Izquierdo	cIRI Izquierdo
1	0	0.05	26	1.9	2.4	38	1.3	1.9
2	5	0.1	27	1.1	4.9	35	1.3	1.5
3	10	0.15	32	1.5	2.9	35	1	1.5
4	15	0.2	11	5.7	3.4	37	1.1	1.5
5	20	0.25	30	5.8	2.9	35	1.1	1.5
6	25	0.3	13	2	1.5	36	1	1.2
7	30	0.35	30	1.2	2.6	39	1	2.1
8	35	0.4	29	1.8	5.6	33	1.1	1.7
9	40	0.45	25	7.3	1	30	1.5	1.2
10	45	0.5	26	1.5	3.7	36	2.9	5.4
11	50	0.55	32	4.7	3.2	36	1	1.5
12	55	0.6	36	6	8.3	36	1.3	1.9
13	60	0.65	28	1.6	4.4	39	1.4	3.4
14	65	0.7	30	1.8	4	37	2	2.7
15	70	0.75	31	4.6	8.1	37	1.1	2.5
16	75	0.8	16	7.6	1.4	37	1.1	1.3
17	80	0.85	22	1.5	0.8	38	1.1	1.8
18	85	0.9	21	1.7	2.3	38	1.5	1.5

19	90	0.95	27	10	4.4	38	1	1.1
20	95	1	30	4	3.5	37	1.7	1.9
21	100	1.05	20	1.1	0.4	39	1.1	2.1
22	105	1.1	31	1.2	1.8	36	1.8	4.1
23	110	1.15	28	3.7	1.5	37	0.9	1.3
24	115	1.2	36	1.5	2.5	39	1.2	2.8
25	120	1.25	37	1.4	2.8	36	1.7	4.1
26	125	1.3	39	3.1	5.5	38	1.6	3.4
1	0	1.35	36	1.7	4.6	35	1.6	2.7
2	5	1.4	38	1.5	2.4	37	1.1	1.8
3	10	1.45	37	1.1	2.4	29	2.8	6
4	15	1.5	37	1.2	2.8	33	1.4	1.6
5	20	1.55	39	1.6	2.8	32	1.3	2.1
6	25	1.6	38	1.2	1.5	14	1	1.9
7	30	1.65	35	1	1	29	1.3	5.5
8	35	1.7	34	1.1	2.8	26	6.5	2.6
9	40	1.75	37	1.3	2.7	22	2.1	2.1
10	45	1.8	35	1.2	2.3	15	1.5	0.3
11	50	1.85	38	1.1	1.8	25	2	1.1
12	55	1.9	35	4.3	3.4	31	3.7	6.9
13	60	1.95	37	6.6	6	33	2.1	5.2
14	65	2	33	1.3	1.8	27	4.6	1.6
15	70	2.05	37	1.4	2.2	33	4.4	3.2

16	75	2.1	38	1.1	1.3	15	8.3	2.4
17	80	2.15	36	2	3.1	17	3	1.8
18	85	2.2	27	1	2.6	20	4.3	0.7
19	90	2.25	30	1	1.6	28	3.8	1.4
20	95	2.3	31	1.4	1.8	26	1.3	2.1
21	100	2.35	31	1.3	1.9	19	1.1	1
22	105	2.4	32	1.3	1.4	30	2	4.6
23	110	2.45	33	1.1	2	17	1.6	0.3
24	115	2.5	33	1.4	1.9	30	1.5	2.1
25	120	2.55	34	1	2.3	36	2	4.5

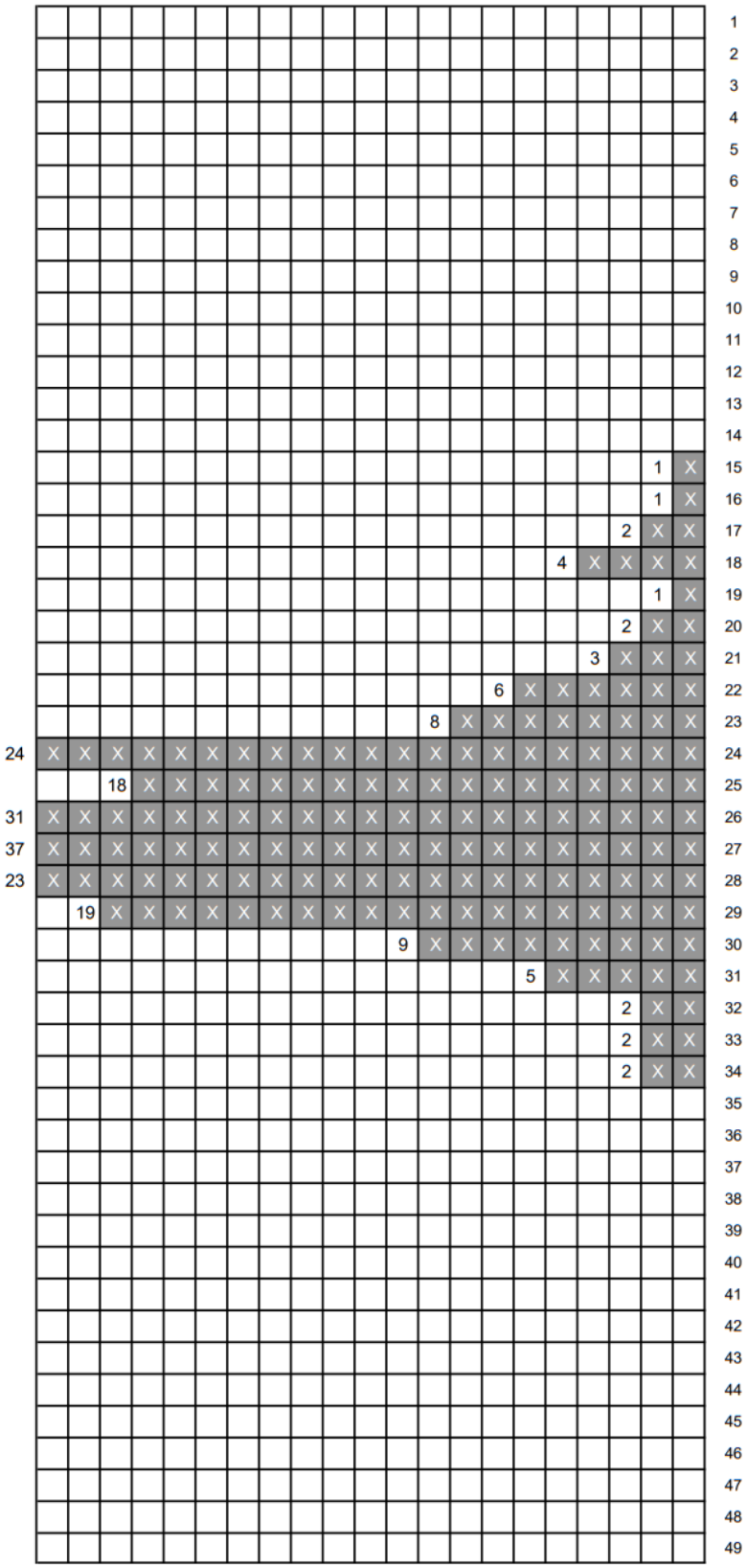
Firma del experto:

DNI 72161121

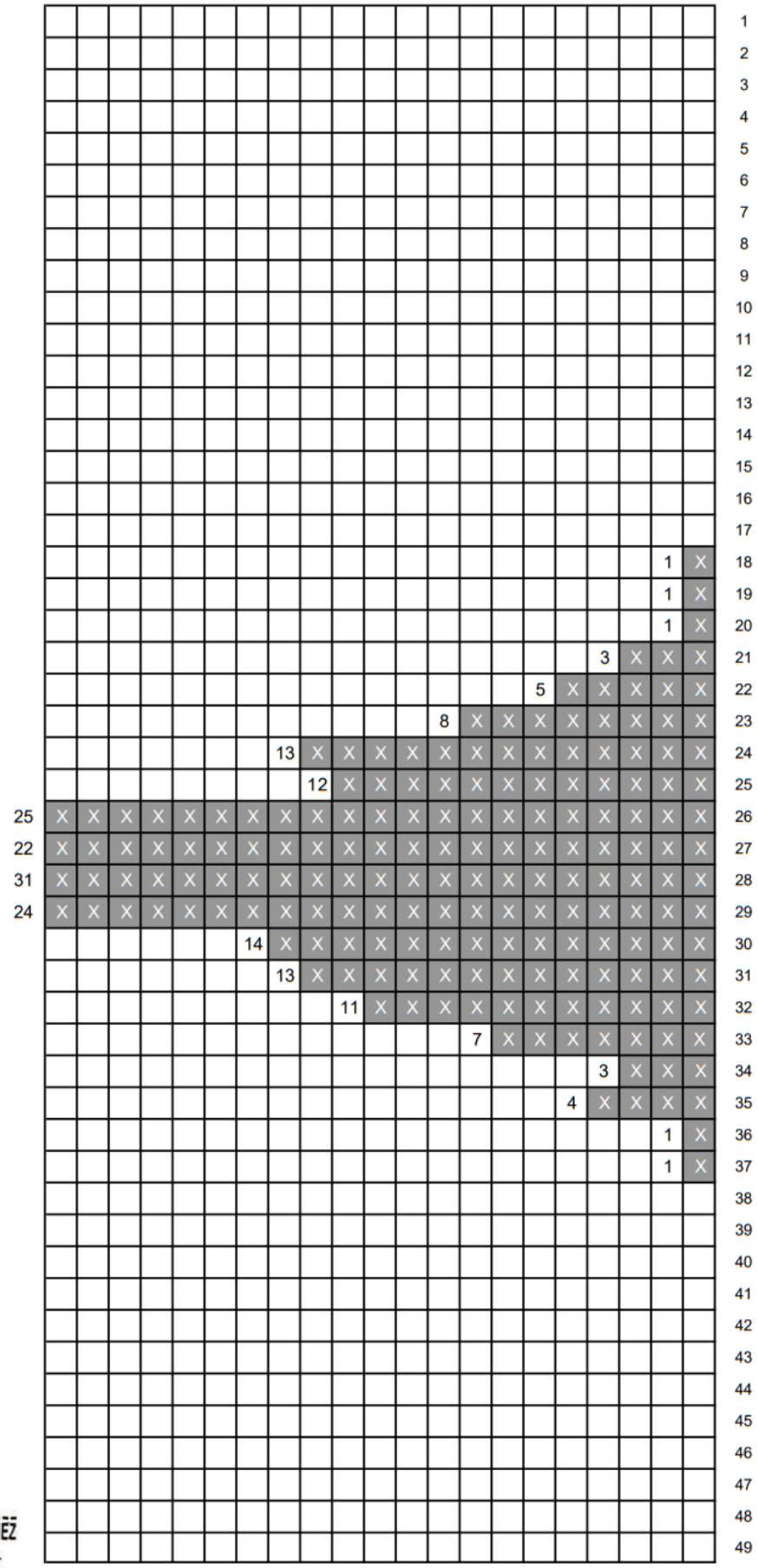
Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE LOS DATOS RECOLECTADOS -MERLIN

Proyecto: Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023



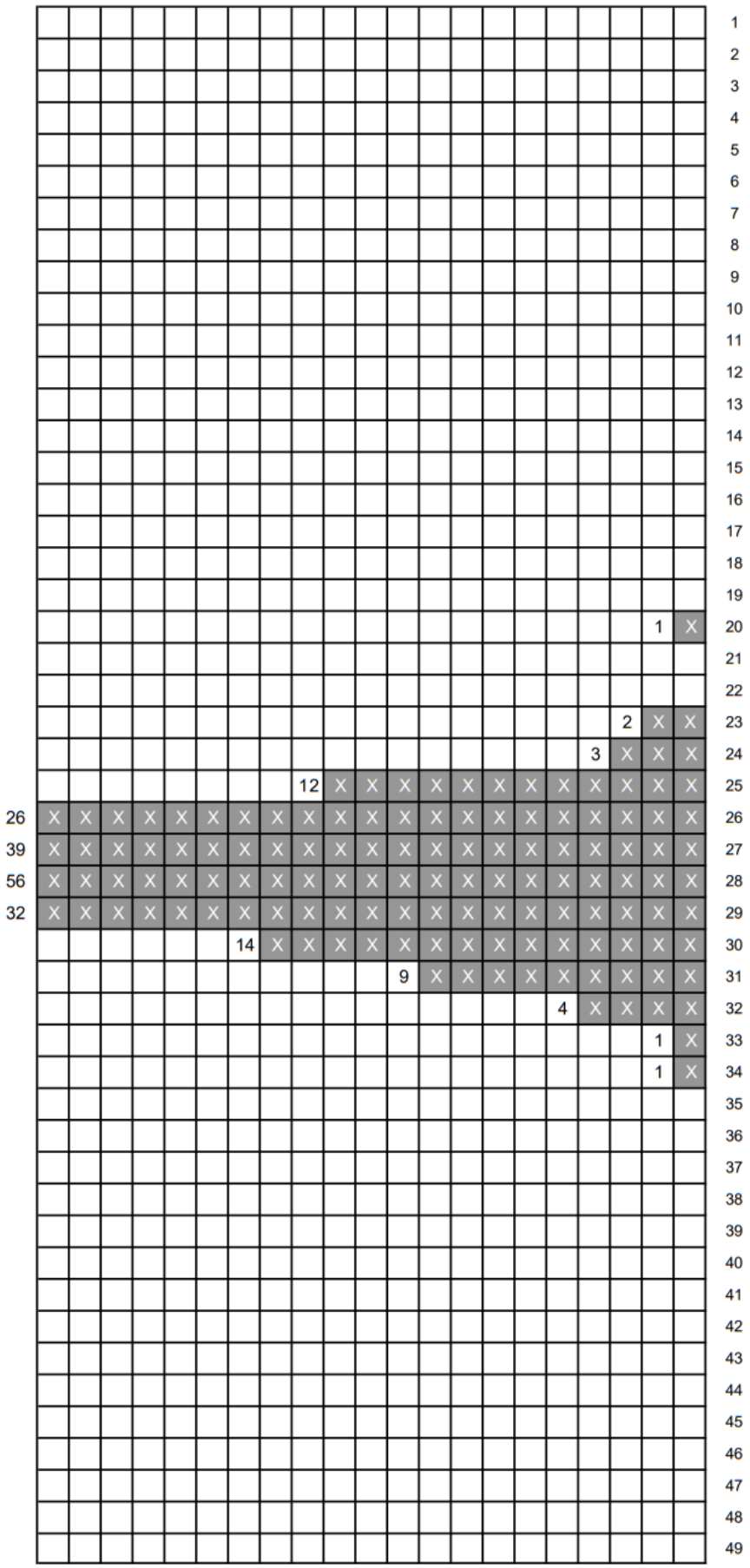
YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527



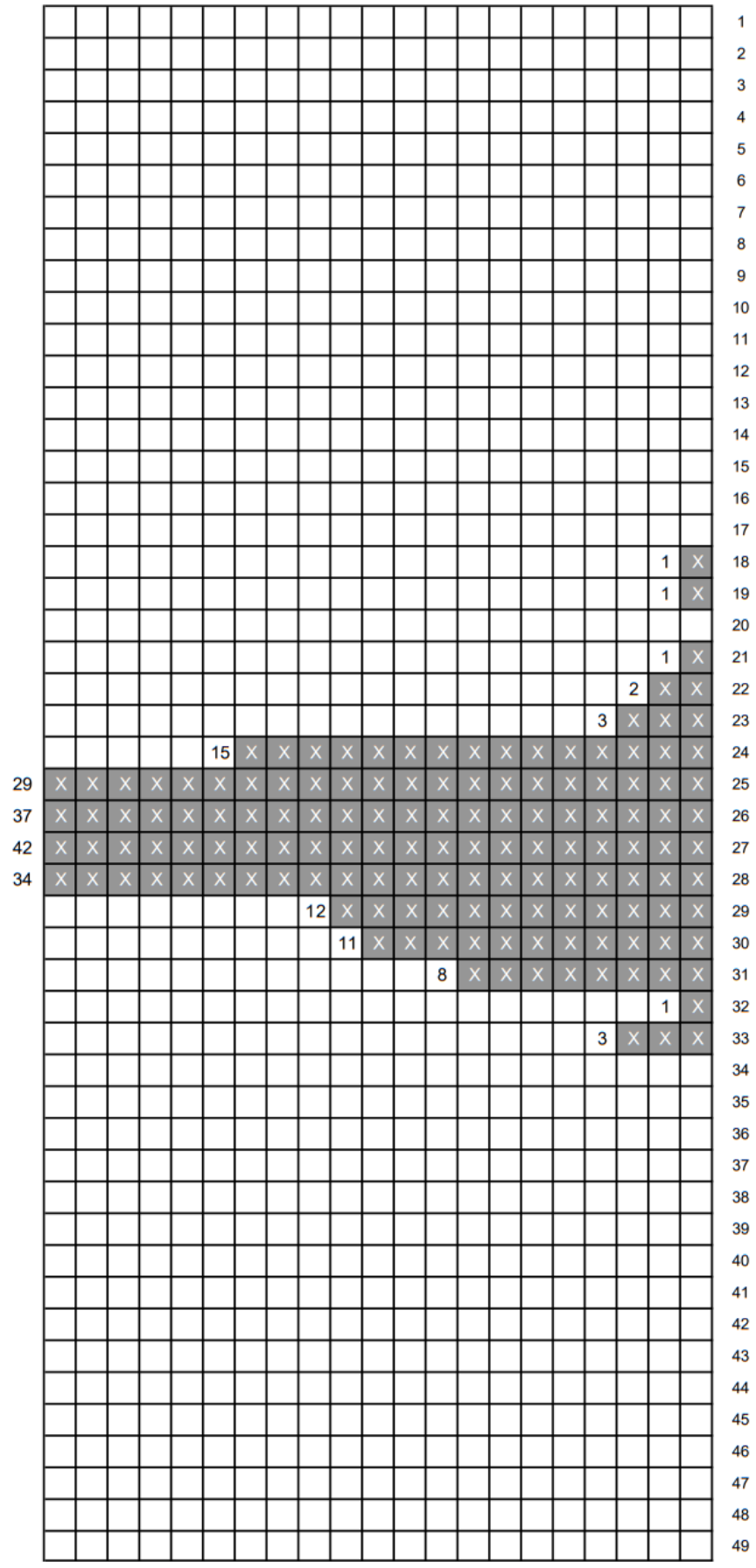
YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527

																						1
																						2
																						3
																						4
																						5
																						6
																						7
																						8
																				1	X	9
																						10
																				1	X	11
																						12
																						13
																						14
																						15
																				1	X	16
																	4	X	X	X	X	17
																		3	X	X	X	18
																		3	X	X	X	19
																		3	X	X	X	20
																	4	X	X	X	X	21
													8	X	X	X	X	X	X	X	X	22
									12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	23
									12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24
31	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	26
34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27
				17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	28
										11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	29
															6	X	X	X	X	X	X	30
																		3	X	X	X	31
																				1	X	32
																	4	X	X	X	X	33
																			2	X	X	34
																			2	X	X	35
																				1	X	36
																		3	X	X	X	37
																						38
																						39
																						40
																						41
																						42
																						43
																						44
																						45
																						46
																						47
																						48
																						49

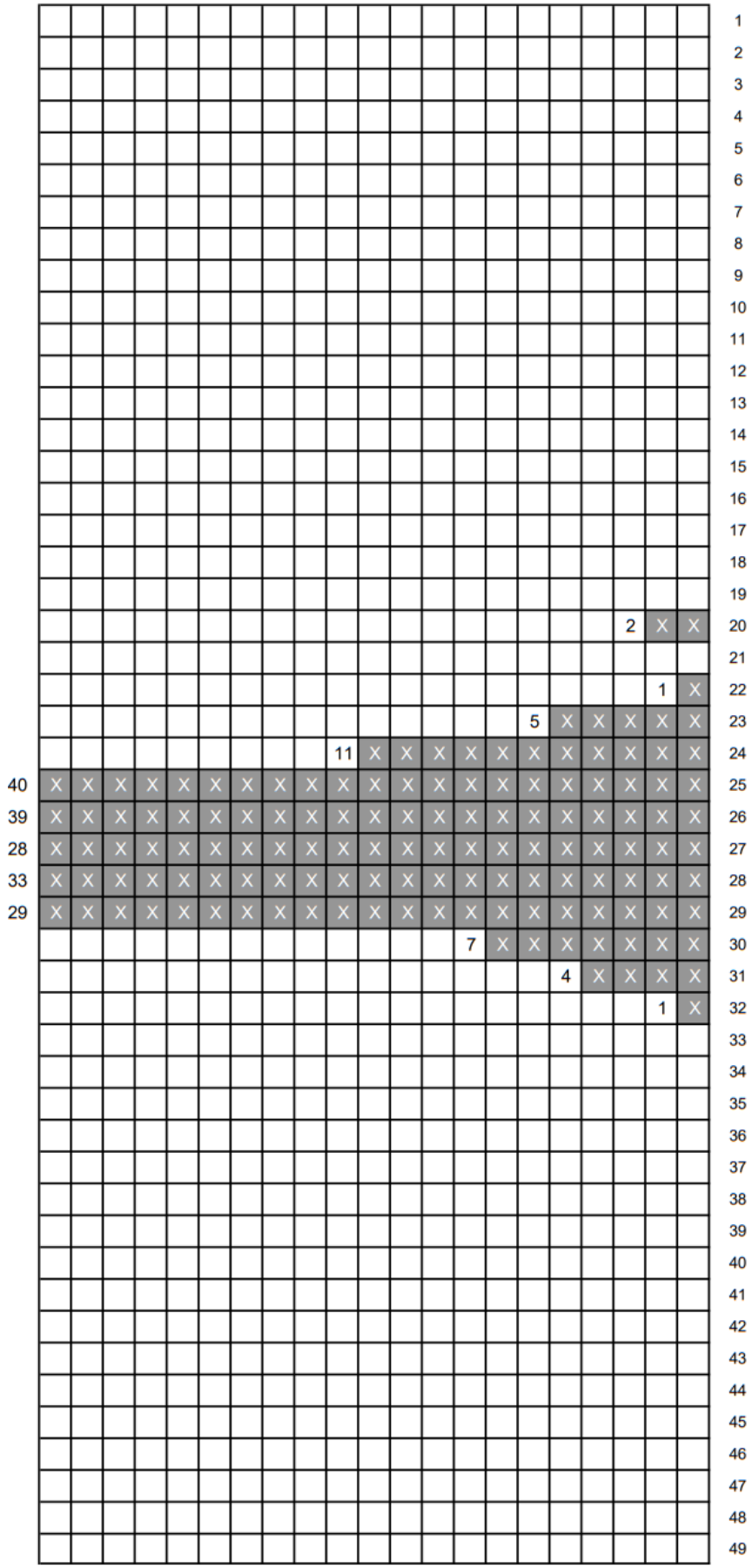
YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527



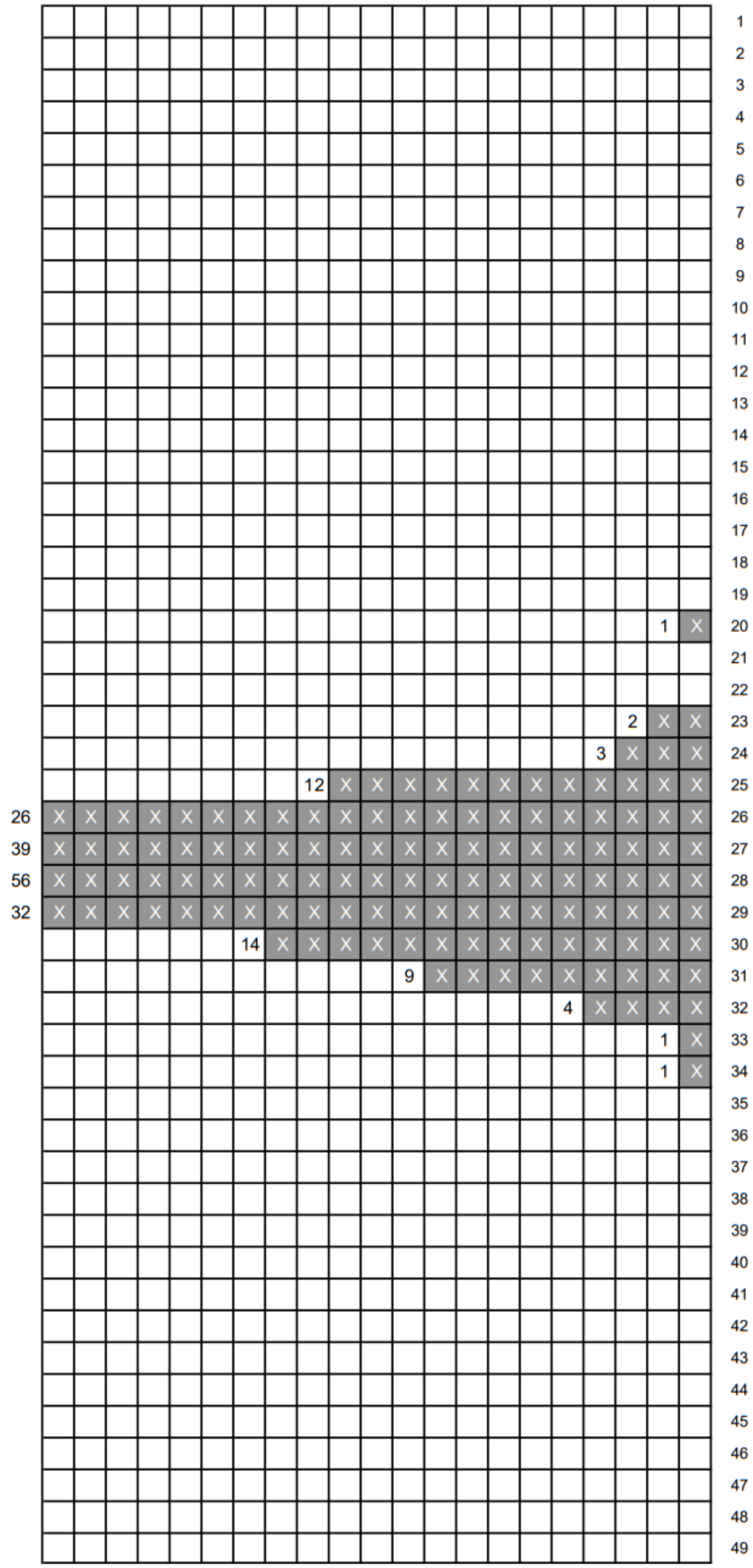
YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527



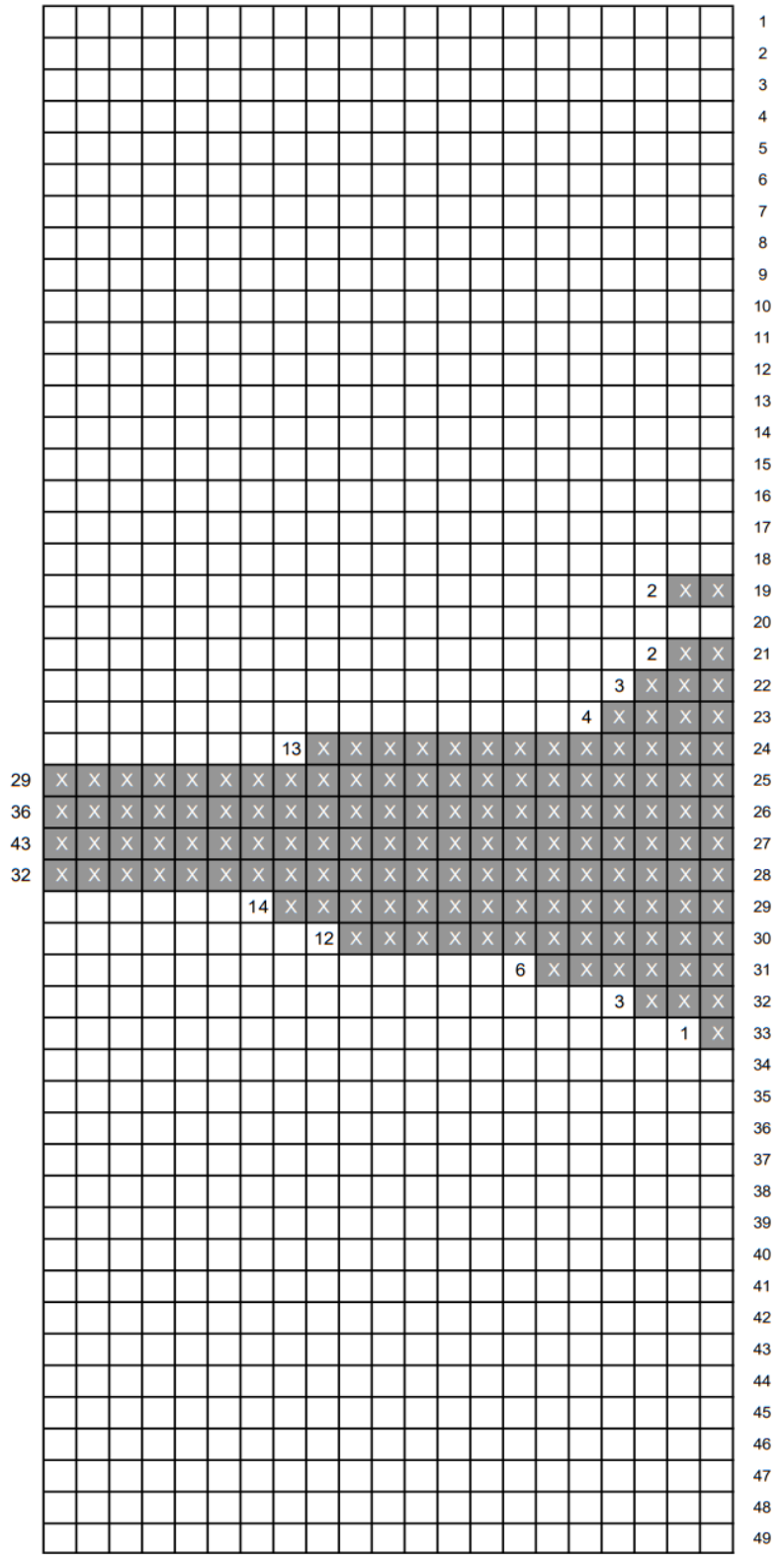
YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527



YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527



YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527



Firma del experto:

DNI 72161121

YORDI GERARDO RAMOS VILCHEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 182527

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE LOS DATOS RECOLECTADOS - ROADROID

Proyecto: Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023

Nro	Tiempo	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	eIRI Derecho	cIRI Derecho	Velocidad (m/s)	eIRI Izquierdo	cIRI Izquierdo
1	0	0.05	26	1.9	2.4	38	1.3	1.9
2	5	0.1	27	1.1	4.9	35	1.3	1.5
3	10	0.15	32	1.5	2.9	35	1	1.5
4	15	0.2	11	5.7	3.4	37	1.1	1.5
5	20	0.25	30	5.8	2.9	35	1.1	1.5
6	25	0.3	13	2	1.5	36	1	1.2
7	30	0.35	30	1.2	2.6	39	1	2.1
8	35	0.4	29	1.8	5.6	33	1.1	1.7
9	40	0.45	25	7.3	1	30	1.5	1.2
10	45	0.5	26	1.5	3.7	36	2.9	5.4
11	50	0.55	32	4.7	3.2	36	1	1.5
12	55	0.6	36	6	8.3	36	1.3	1.9
13	60	0.65	28	1.6	4.4	39	1.4	3.4
14	65	0.7	30	1.8	4	37	2	2.7
15	70	0.75	31	4.6	8.1	37	1.1	2.5
16	75	0.8	16	7.6	1.4	37	1.1	1.3
17	80	0.85	22	1.5	0.8	38	1.1	1.8
18	85	0.9	21	1.7	2.3	38	1.5	1.5

19	90	0.95	27	10	4.4	38	1	1.1
20	95	1	30	4	3.5	37	1.7	1.9
21	100	1.05	20	1.1	0.4	39	1.1	2.1
22	105	1.1	31	1.2	1.8	36	1.8	4.1
23	110	1.15	28	3.7	1.5	37	0.9	1.3
24	115	1.2	36	1.5	2.5	39	1.2	2.8
25	120	1.25	37	1.4	2.8	36	1.7	4.1
26	125	1.3	39	3.1	5.5	38	1.6	3.4
1	0	1.35	36	1.7	4.6	35	1.6	2.7
2	5	1.4	38	1.5	2.4	37	1.1	1.8
3	10	1.45	37	1.1	2.4	29	2.8	6
4	15	1.5	37	1.2	2.8	33	1.4	1.6
5	20	1.55	39	1.6	2.8	32	1.3	2.1
6	25	1.6	38	1.2	1.5	14	1	1.9
7	30	1.65	35	1	1	29	1.3	5.5
8	35	1.7	34	1.1	2.8	26	6.5	2.6
9	40	1.75	37	1.3	2.7	22	2.1	2.1
10	45	1.8	35	1.2	2.3	15	1.5	0.3
11	50	1.85	38	1.1	1.8	25	2	1.1
12	55	1.9	35	4.3	3.4	31	3.7	6.9
13	60	1.95	37	6.6	6	33	2.1	5.2
14	65	2	33	1.3	1.8	27	4.6	1.6
15	70	2.05	37	1.4	2.2	33	4.4	3.2

16	75	2.1	38	1.1	1.3	15	8.3	2.4
17	80	2.15	36	2	3.1	17	3	1.8
18	85	2.2	27	1	2.6	20	4.3	0.7
19	90	2.25	30	1	1.6	28	3.8	1.4
20	95	2.3	31	1.4	1.8	26	1.3	2.1
21	100	2.35	31	1.3	1.9	19	1.1	1
22	105	2.4	32	1.3	1.4	30	2	4.6
23	110	2.45	33	1.1	2	17	1.6	0.3
24	115	2.5	33	1.4	1.9	30	1.5	2.1
25	120	2.55	34	1	2.3	36	2	4.5

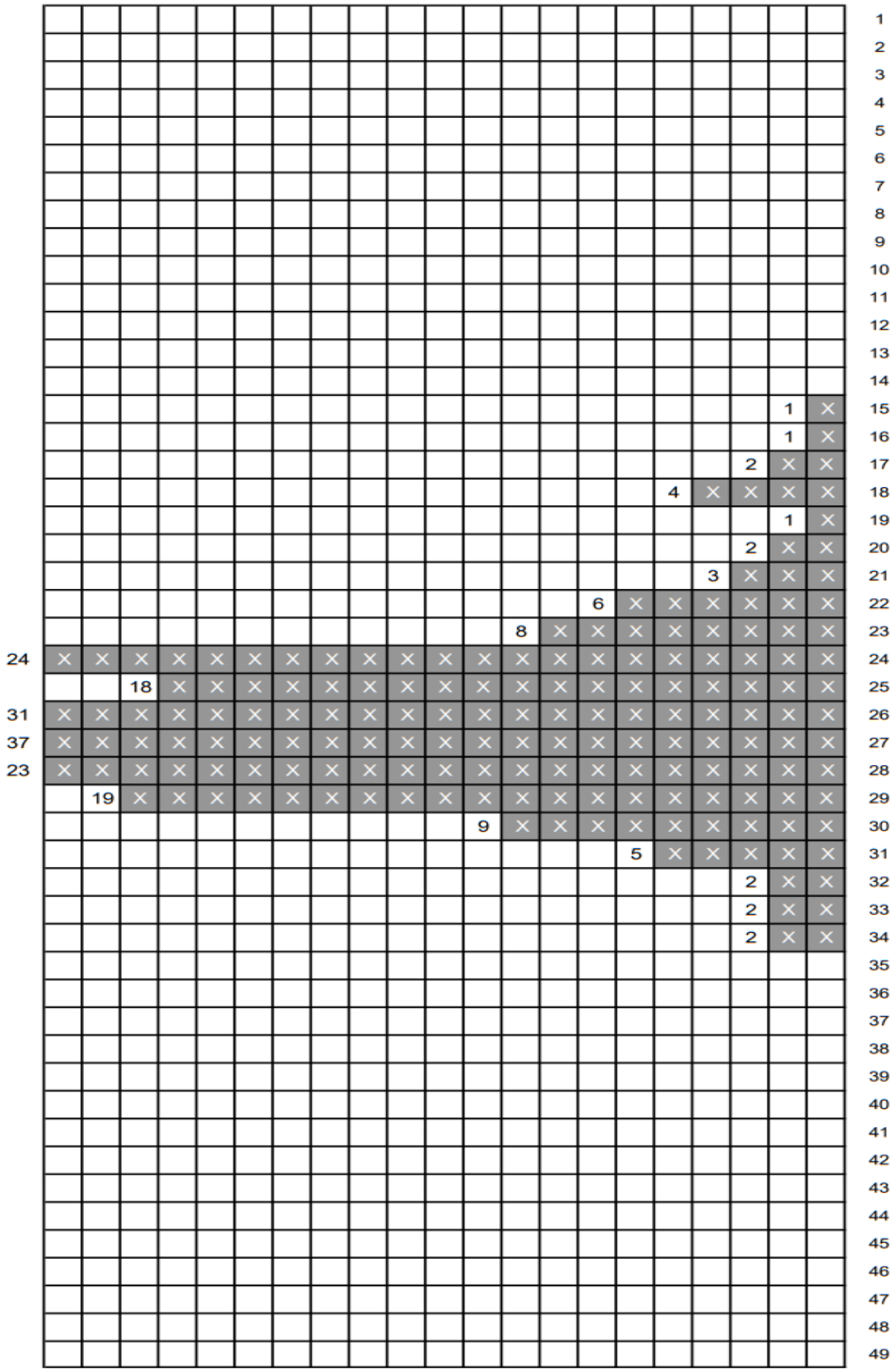
Firma del experto:

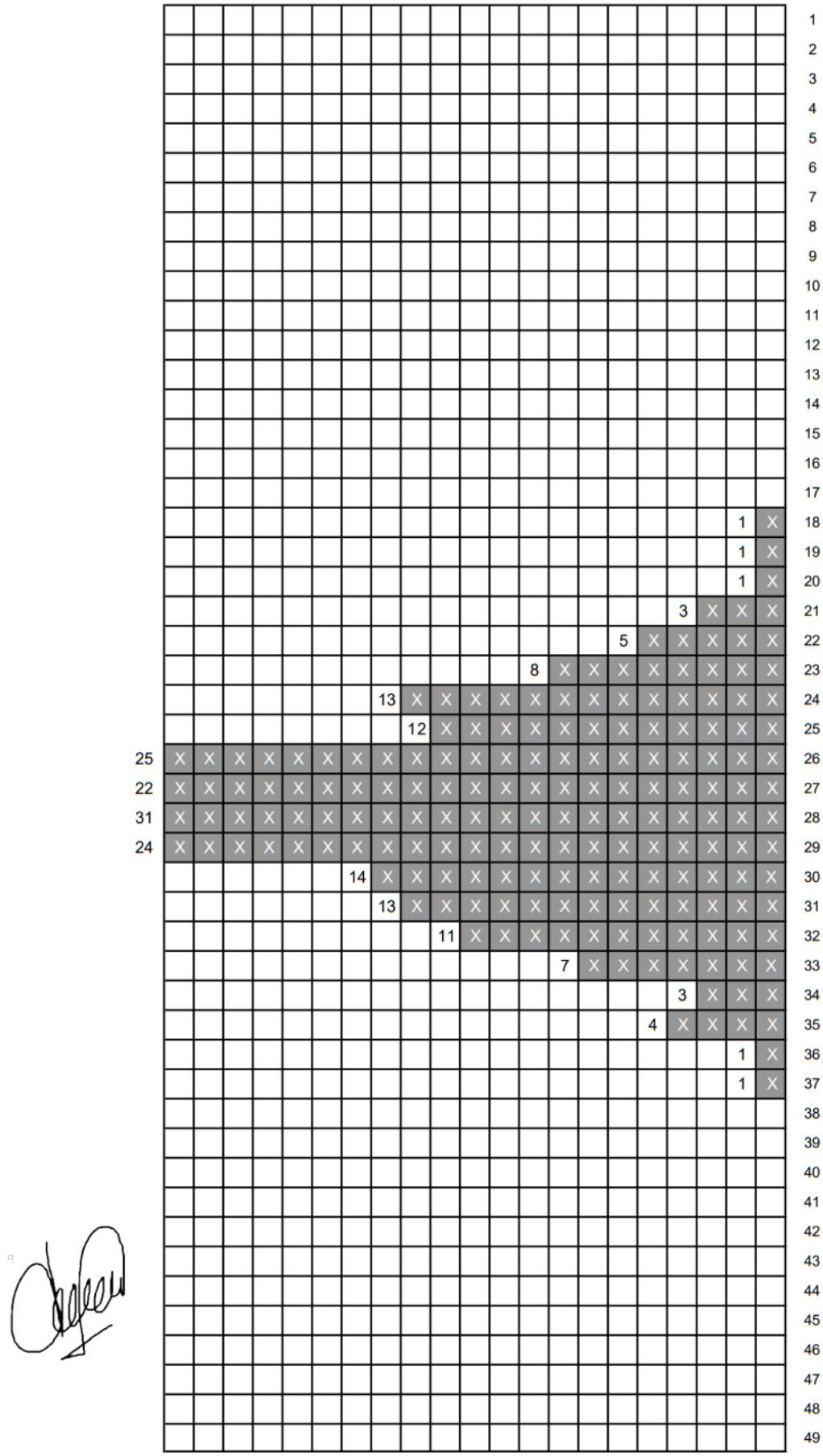
DNI 72161121

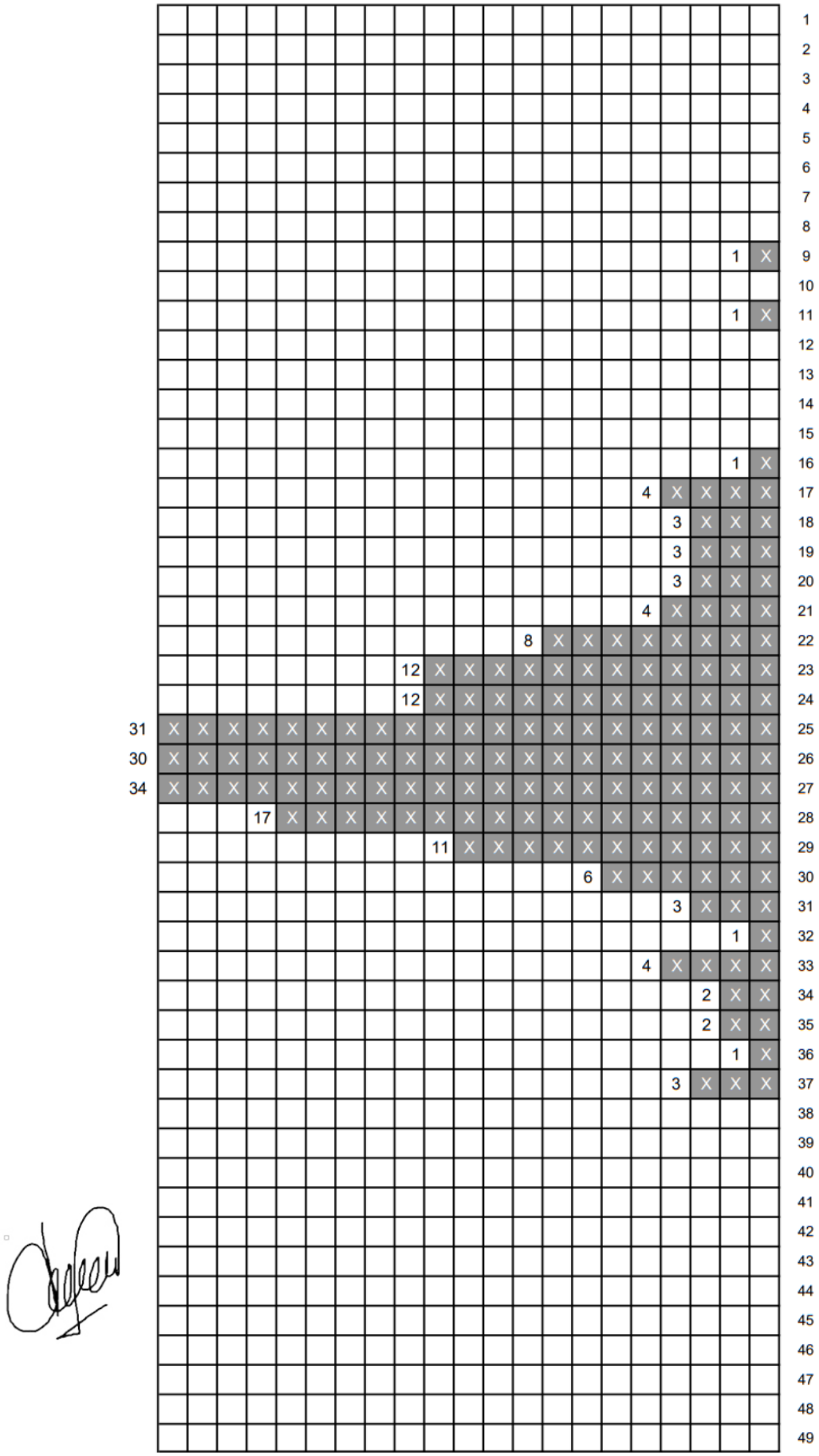
Fuente: Elaboración propia

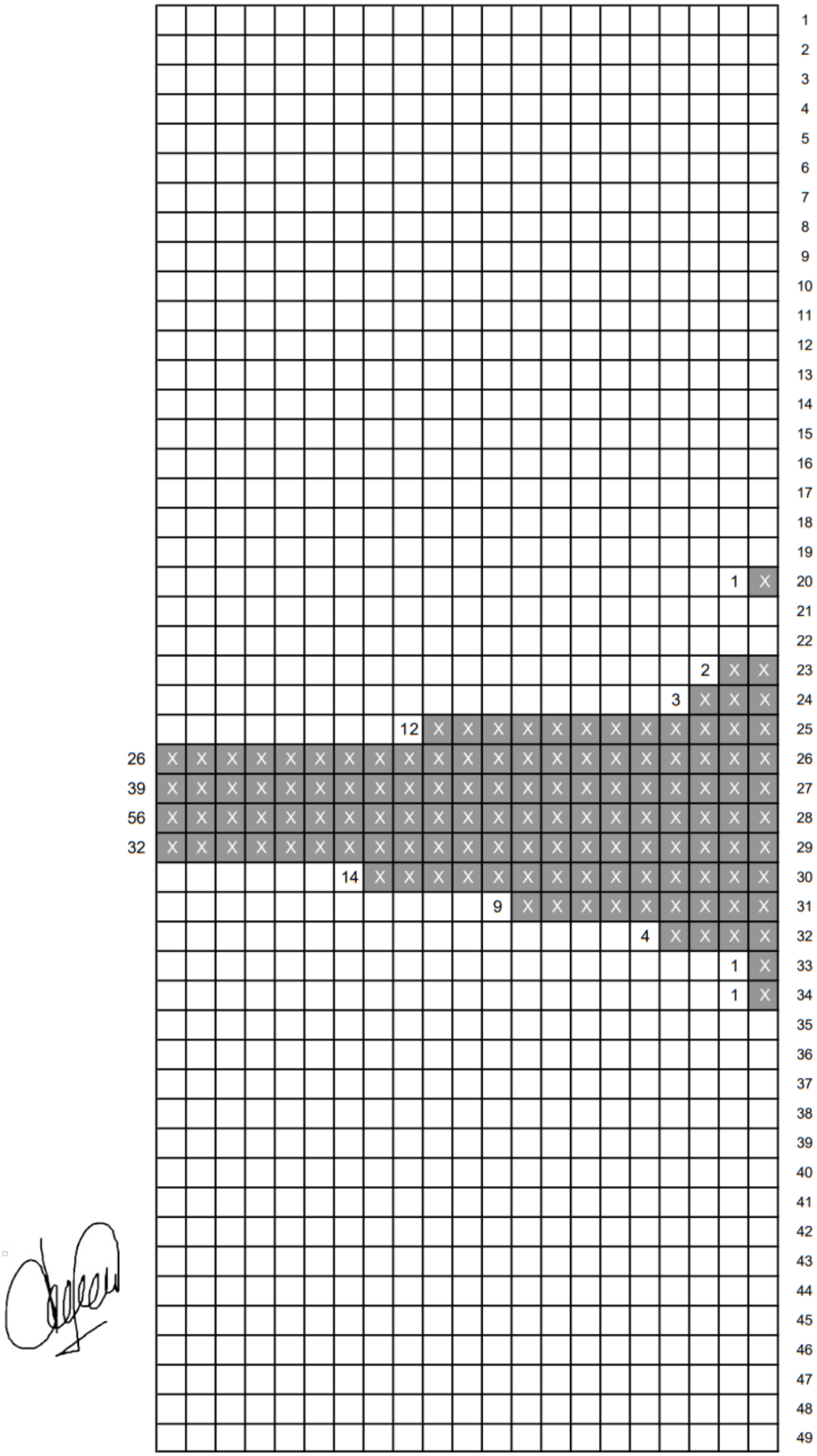
RESULTADOS DE LOS DATOS RECOLECTADOS -MERLIN

Proyecto: Comparación del índice de rugosidad internacional utilizando la aplicación Roadroid y equipo Merlín en pavimentos de Cerro Azul Cañete 2023

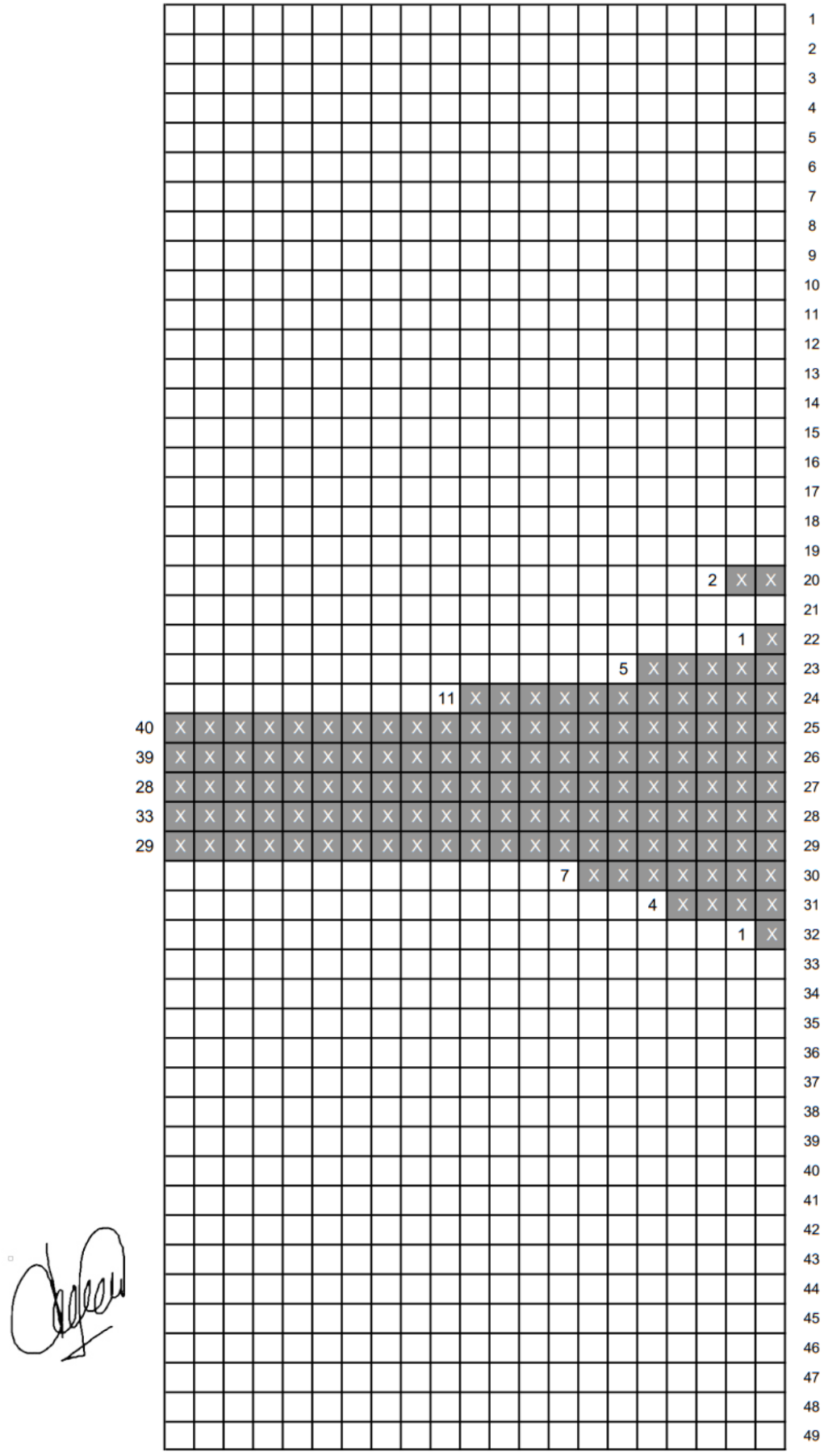


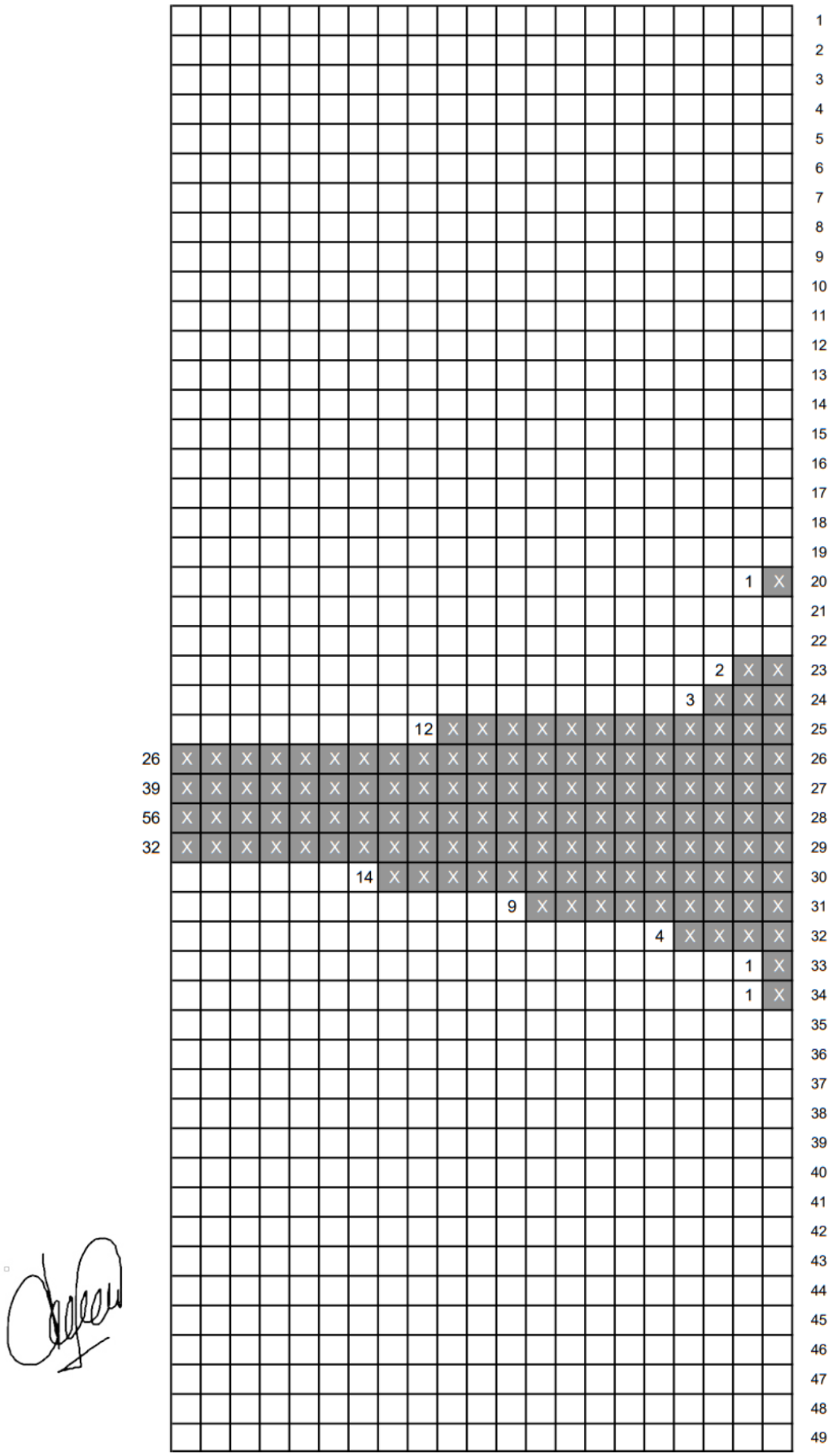

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 1 X 18
1 X 19
1 X 20
3 X X X 21
5 X X X X X 22
8 X X X X X X X X 23
13 X X X X X X X X X X X X 24
12 X X X X X X X X X X X X 25
25 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 26
22 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 27
31 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 28
24 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 29
14 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 30
13 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 31
11 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 32
7 X X X X X X X X 33
3 X X X 34
4 X X X X 35
1 X 36
1 X 37
38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49

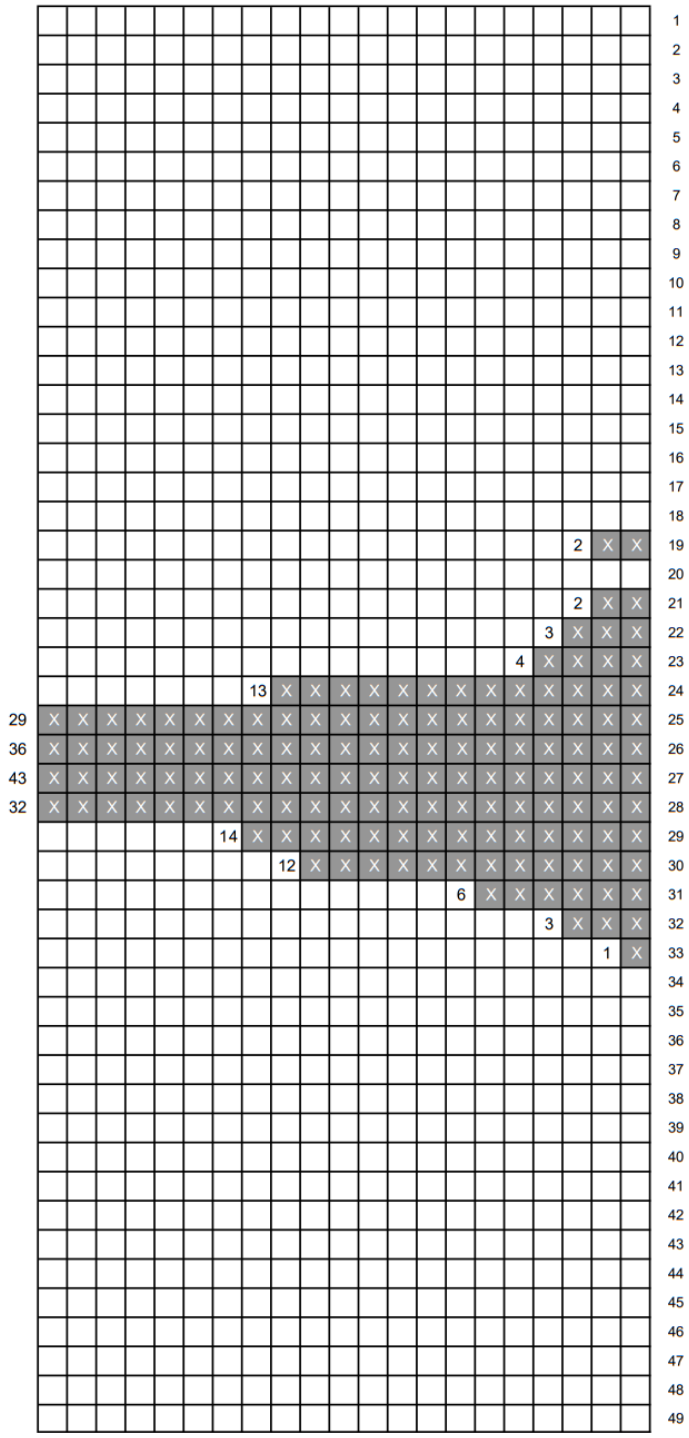

1 2 3 4 5 6 7 8 1 X 10 1 X 12 13 14 15 1 X 4 X X X X 3 X X X 3 X X X 3 X X X 4 X X X X 8 X X X X X X X X 12 X X X X X X X X X X X X 12 X X X X X X X X X X X X 31 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 30 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 34 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 17 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 11 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 6 X X X X X X X 3 X X X 1 X 4 X X X X 2 X X 2 X X 1 X 3 X X X 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 X 20 2 X X 23 3 X X X 24 12 X X X X X X X X X X X X 25
26 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 26
39 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 27
56 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 28
32 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 29
14 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 30
9 X X X X X X X X X X 31
4 X X X X 32
1 X 33
1 X 34
35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49

																						1
																						2
																						3
																						4
																						5
																						6
																						7
																						8
																						9
																						10
																						11
																						12
																						13
																						14
																						15
																						16
																						17
																				1	X	18
																				1	X	19
																						20
																				1	X	21
																			2	X	X	22
																		3	X	X	X	23
						15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	24
29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	25
37	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	26
42	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27
34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	28
									12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	29
										11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	30
													8	X	X	X	X	X	X	X	X	31
																				1	X	32
																		3	X	X	X	33
																						34
																						35
																						36
																						37
																						38
																						39
																						40
																						41
																						42
																						43
																						44
																						45
																						46
																						47
																						48
																						49


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
2 X X 20
21
1 X 22
5 X X X X X 23
11 X X X X X X X X X X X 24
40 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 25
39 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 26
28 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 27
33 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 28
29 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 29
7 X X X X X X X 30
4 X X X X 31
1 X 32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1 X 20 2 X X 23 3 X X X 24 12 X X X X X X X X X X X X 25 26 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 26 39 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 27 56 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 28 32 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 29 14 X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X 30 9 X X X X X X X X X X 31 4 X X X X 32 1 X 33 1 X 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49



Firma del experto:
DNI 72161121

Fuente: Elaboración propia