

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



TESIS

**“FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL
APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA
RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA
COSTANERA SUR, TACNA-2021”**

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

PRESENTADO POR:

**Bach. JORGE GIOVANNI OSCO MAMANI
Bach. LEONARDO ENRIQUE ATENCIO CCALAHUILLE**

**TACNA – PERÚ
2022**

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

TESIS

**“FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL
APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA
RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA
COSTANERA SUR, TACNA-2021”**

Tesis sustentada y aprobada el 07 de diciembre de 2022; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO

VOCAL : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ

ASESOR : Dr. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Jorge Giovanni Osco Mamani, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72290145 declaro bajo juramento que:

Yo, Leonardo Enrique Atencio Ccalahuille, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72093257 declaro bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: "*Factores que influyen en las lecturas del Aplicativo Móvil Abakal IRI para determinar la rugosidad del pavimento flexible en la carretera Costanera Sur, Tacna-2021*" la misma que presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, nos hacemos responsable frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros como motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

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

Tacna, 19 de octubre de 2022



Bach. Jorge Giovanni Osco Mamani
DNI. 72290145



Bach. Leonardo Enrique Atencio Ccalahuille
DNI. 72093257

DEDICATORIA

Esta presente tesis va dedicado a Dios Padre y a nuestra Madre celestial que está en el cielo que siempre me acompaña incondicionalmente en cada alegría, enseñanza, tristeza donde siempre se divisa la luz al fin del túnel. A mis padres Juana y Jesús que son mi fuente de amor, motivación, superación que, con su apoyo incondicional, paciencia y aliento hacen convertir todo en realidad, mi eterna gratitud.

Jorge Giovanni Osco Mamani

La presente tesis se la dedico a mis padres Calixto y Patricia, por acompañarme, motivarme y su sacrificio en cada etapa para convertirme en un profesional. A mi tío Juan, mis abuelos Marcelino y Teodosia, por su incondicional confianza y el gran apoyo para guiarme por el camino correcto. Gracias a todas las personas que participaron en mi formación profesional.

Leonardo Enrique Atencio Ccalahuille

AGRADECIMIENTO

A nuestro Dios, por brindarnos salud y ayudarnos a lograr todos nuestros objetivos.

A nuestro asesor de tesis Dr. Pedro Valerio Maquera Cruz por su asesoramiento, orientación y vocación de servicio para guiarnos en la realización de nuestra presente tesis.

A la Universidad Privada de Tacna, A la Facultad de Ingeniería, A la Escuela profesional de Ingeniería Civil y todos nuestros docentes por la enseñanza de conocimientos y habilidades adquiridas necesarios en nuestra formación profesional.

Jorge Giovanni Osco Mamani
Leonardo Enrique Atencio Ccalahuille

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.1.1. Condiciones generales de sitio	7
1.2. Formulación del problema.....	11
1.2.1. Problema general.....	11
1.2.2. Problemas específicos.....	11
1.3. Justificación e importancia	12
1.3.1. Justificación de la investigación	12
1.3.2. Justificación Teórica	12
1.3.3. Justificación Practica	12
1.3.4. Justificación Metodológica	13
1.3.5. Justificación Social.....	13
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo general.....	13
1.4.2. Objetivos específicos	13
1.5. Hipótesis.....	14
1.5.1. Hipótesis general	14

1.5.2. Hipótesis específicas	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes del Estudio	15
2.2. Bases teóricas	19
2.2.1. Carreteras.....	19
2.2.2. Clasificación de las carreteras	20
2.2.2.1. Autopistas de primera clase	20
2.2.2.2. Autopistas de segunda clase.....	21
2.2.2.3. Carretera de primera clase	21
2.2.2.4. Carreteras de Segunda Clase	22
2.2.2.5. Carreteras de Tercera Clase	22
2.2.2.6. Trochas Carrozables	23
2.2.3. Pavimentos.....	23
2.2.4. Tipos de Pavimentos	24
2.2.4.1. Pavimentos Flexibles.....	24
2.2.4.2. Pavimentos Rígidos.....	25
2.2.4.3. Pavimentos Mixtos o Compuestos.....	26
2.2.5. Serviciabilidad	27
2.2.6. Rugosidad	27
2.2.6.1. Causas posibles de la rugosidad	28
2.2.6.2. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos	28
2.2.7. Índice de rugosidad superficial (IRI).....	28
2.2.7.1. Escalas y características del iri.....	29
2.2.8. Los Vehículos de Transporte Terrestre.....	30
2.2.8.1. Clasificación Vehicular.....	30
2.2.8.2. Tipo de Carrocerías.....	31
2.2.9. Sistema de suspensión.....	32
2.2.9.1. Amortiguador.....	33
2.2.10. Neumáticos	33
2.2.11. PSI	35
2.2.11.1. Presión recomendada de neumáticos.....	35
2.2.11.2. Cómo medir la presión de los neumáticos	35

2.2.12. MERLIN equipo para rugosidad	36
2.2.12.1. Metodología para la determinación de la rugosidad.....	36
2.2.12.2. El rugosímetro MERLIN.....	37
2.2.13. Método para el cálculo de la rugosidad	39
2.2.13.1. Cálculo del rango “D”	39
2.2.13.2. Factor de corrección para el ajuste de “D”	41
2.2.13.3. Cálculo del rango “D” corregido	41
2.2.13.4. Cálculo de IRI (m/km)	41
2.2.14. Aplicativo ABAKAL IRI.....	42
2.2.14.1. Velocidad de ensayo	43
2.2.14.2. Colocación del teléfono	44
2.2.14.3. Tipos de cálculo.....	44
2.2.14.4. Generación de informe	45
2.3. Definición de términos.....	48
2.3.1. Carreteras.....	48
2.3.2. ABAKAL IRI	48
2.3.3. Rugosidad.....	48
2.3.4. IRI.....	48
2.3.5. Rugosímetro Merlin.....	48
2.3.6. Pavimento Flexible.....	48
2.3.7. Neumático.....	48
2.3.8. PSI.....	48
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	49
3.1. Diseño de la investigación	49
3.1.1. Tipo de investigación	49
3.1.2. Diseño de investigación	49
3.1.3. Nivel de investigación	49
3.2. Acciones y actividades.....	50
3.3. Materiales y/o instrumentos	50
3.3.1. Instrumentos	50
3.4. Población y/o muestra de estudio	57

3.4.1. Población.....	57
3.4.2. Muestra.....	57
3.5. Operacionalización de variables	57
3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	58
3.6.1. Procedimiento de ensayo aplicativo ABAKAL IRI.....	58
3.6.1.1. Ensayo 01	58
3.6.1.2. Ensayo 02	69
3.6.2. Procedimiento de ensayo con MERLIN equipo para Rugosidad	77
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	86
4.1. Resultados del cálculo de la rugosidad aplicando MERLIN.....	86
4.1.1. Resultados de la rugosidad con Merlin Equipo para Rugosidad	96
4.2. Resultados con Aplicativo Móvil ABAKAL IRI.....	99
4.2.1. Datos Importados del Aplicativo ABAKAL IRI.....	99
4.2.2. Ilustración Importada del aplicativo ABAKAL IRI.....	134
4.3. Comparación con Equipo Merlin para rugosidad y ABAKAL IRI.....	134
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	141
5.1. Detallado de resultados de la Rugosidad con Equipo MERLIN	141
5.2. Estado del pavimento con los valores IRI obtenidos	141
5.3. Resultados de la Rugosidad obtenidos con ABAKAL IRI	143
5.3.1. Estado del pavimento con los valores IRI obtenidos con ABAKAL IRI	143
CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES	148
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	149
ANEXOS	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de Índice de Serviabilidad	27
Tabla 2. Clasificación Vehicular	31
Tabla 3. Carrocería Pick Up en Tabla II: Tipo de carrocerías	32
Tabla 4. Profundidad mínima en neumáticos	34
Tabla 5. Operacionalización de variables de investigación.....	57
Tabla 6. Resumen con smartphone Huawei P30 (GAMA ALTA)	68
Tabla 7. Resumen con smartphone Samsung Galaxy A10S (GAMA BAJA).....	68
Tabla 8. Resumen con el uso de camioneta 2014 – Huawei P30.....	77
Tabla 9. Resumen con el uso de camioneta 2014 – Galaxy A10s.....	77
Tabla 10. Valores IRI carril derecho (1).....	96
Tabla 11. Valores IRI carril derecho (2).....	97
Tabla 12. Valores IRI carril izquierdo (1)	97
Tabla 13. Valores IRI carril izquierdo (2)	98
Tabla 14. Resumen de la Rugosidad en carril derecho	98
Tabla 15. Resumen de la rugosidad en carril Izquierdo.....	99
Tabla 16. Análisis de medición.....	99
Tabla 17. Parámetros de medición.....	100
Tabla 18. Viaje 1 carril derecho con carga con presión 35 psi y gama alta	102
Tabla 19. Viaje 2 carril izquierdo con carga con presión 35 psi y gama alta	103
Tabla 20. Viaje 3 carril derecho con carga con presión 35 psi y gama baja	104
Tabla 21. Viaje 4 carril izquierdo con carga con presión 35 psi y gama baja.....	105
Tabla 22. Viaje 5 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama alta	106
Tabla 23. Viaje 6 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama alta.....	107
Tabla 24. Viaje 7 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama baja	108
Tabla 25. Viaje 8 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama baja.....	109
Tabla 26. Viaje 9 carril derecho con carga presión 25 psi y gama alta	110

Tabla 27. Viaje 10 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama alta.....	111
Tabla 28. Viaje 11 carril derecho con carga presión 25 psi y gama baja	112
Tabla 29. Viaje 12 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama baja.....	113
Tabla 30. Viaje 13 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama alta	114
Tabla 31. Viaje 14 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama alta.....	115
Tabla 32. Viaje 15 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama baja	116
Tabla 33. Viaje 16 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama baja.....	117
Tabla 34. Viaje 17 carril derecho con carga presión 35 psi y gama alta	118
Tabla 35. Viaje 18 carril izquierdo con carga presión 35 psi y gama alta.....	119
Tabla 36. Viaje 19 carril derecho con carga presión 35 psi y gama baja	120
Tabla 37. Viaje 20 carril izquierdo con carga presión 35 psi y gama baja.....	121
Tabla 38. Viaje 21 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama alta	122
Tabla 39. Viaje 22 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama alta.....	123
Tabla 40. Viaje 23 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama baja	124
Tabla 41. Viaje 24 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama baja.....	125
Tabla 42. Viaje 25 carril derecho con carga presión 25 psi y gama alta	126
Tabla 43. Viaje 26 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama alta.....	127
Tabla 44. Viaje 27 carril derecho con carga presión 25 psi y gama baja	128
Tabla 45. Viaje 28 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama baja.....	129
Tabla 46. Viaje 29 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama alta	130
Tabla 47. Viaje 30 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama alta.....	131
Tabla 48. Viaje 31 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama baja	132
Tabla 49. Viaje 32 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama baja.....	133
Tabla 50. Combinaciones, números de viajes y promediado de IRI	135
Tabla 51. Contrastación de resultados de IRI	136
Tabla 52. Porcentaje de similitudes de IRI con ambas metodologías.....	137
Tabla 53. Resumen de resultados IRI con Merlin equipo para rugosidad.....	138
Tabla 54. Resumen Aplicativo móvil ABAKAL IRI (combinación 1)	139

Tabla 55. Comparación de resultados de IRI entre ambas metodologías.....	139
Tabla 56. Especificaciones técnicas de conservación de carreteras	140
Tabla 57. Cuadro resumen de rugosidad con equipo MERLIN.....	141
Tabla 58. Estado Vial, según la rugosidad	142
Tabla 59. Clasificación según la rugosidad el estado del pavimento	142
Tabla 60. Promedio de los valores IRI a cada 400 metros	144
Tabla 61. Promedio de los valores IRI a cada 400 metros	145
Tabla 62. Promediado de IRI y estado del pavimento según la rugosidad	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Avenida Tarapacá	3
Figura 2. Avenida Circunvalación Norte	4
Figura 3. Avenida Collpa, Tacna	5
Figura 4. Avenida Celestino Vargas, Pocollay, Tacna	5
Figura 5. Avenida Industrial, Cercado de Tacna, Tacna	6
Figura 6. Mapa de Macrolocalización de zona de estudio	8
Figura 7. Zona de Investigación, carretera nacional PE-1SD L= 2+000 KM	9
Figura 8. Inicio de tramo km. 5+000 – Fin de tramo km. 7+000 PE-1SD	9
Figura 9. Presencia de fallas Carretera Nacional PE-1SD.....	10
Figura 10 Pulimiento de agregados, baches, ahuellamiento en PE-1SD.....	10
Figura 11. Autopistas de Primera Clase	20
Figura 12. Autopistas de Segunda Clase	21
Figura 13. Carretera de Primera Clase.....	22
Figura 14 Trochas Carrozables	23
Figura 15. Esquema – Pavimento Flexible	25
Figura 16. Esquema – Pavimento Rígido	25
Figura 17. Esquema del comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos	26
Figura 18. Cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías	30
Figura 19. Artículo 2º.....	32
Figura 20 Amortiguador.....	33
Figura 21. Partes externas de un neumático	34
Figura 22. Manómetro Analógico y Manómetro Digital	35
Figura 23. Desviaciones de la superficie del pavimento	36
Figura 24. Detalles ilustrativos del Rugosímetro Equipo Merlin	37
Figura 25. Tablero con escala grafica	38
Figura 26. Formato para la recolección de datos de campo	39

Figura 27. Histograma de distribución de frecuencias	40
Figura 28. Aplicativo Móvil ABAKAL IRI	42
Figura 29. Modelo del Cuarto de Carro	43
Figura 30 Ubicación del teléfono en el vehículo	44
Figura 31. Métodos de Cálculos	45
Figura 32. Guardado al culminar el ensayo	45
Figura 33. Informe IRI.csv	46
Figura 34. Informe IRI2.csv – tabla de control	47
Figura 35. Informe IRI.kml - Google Earth	47
Figura 36. Equipo Merlin para rugosidad modelo TCP-065	51
Figura 37. Smartphone Huawei P30 (gama alta).....	52
Figura 38. Smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja)	52
Figura 39. Vehículo Marca Toyota 2021	53
Figura 40. Vehículo Marca Toyota 2014.....	54
Figura 41. Aplicativo móvil ABAKAL IRI	54
Figura 42. Manómetro Digital	55
Figura 43. Porta celular para automóviles	55
Figura 44. Wincha métrica de 5 metros	56
Figura 45. Conos de seguridad vial	56
Figura 46. Instalación del Aplicativo ABAKAL IRI en Smartphone Android.....	58
Figura 47. Cuatros neumáticos a 35 psi, carga 300 kilogramos	59
Figura 48.Activación de datos móviles y ubicación GPS	60
Figura 49. Inicio de ensayo con smartphone Huawei P30 (Gama Alta).	60
Figura 50. Inicio KM 5+000 al KM 7+000 (ida).....	61
Figura 51. Inicio KM 7+000 al KM 5+000 (vuelta)	61
Figura 52. Uso del celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja)	62
Figura 53. Retiro de carga de peso 300 kilogramos	63
Figura 54. Combinación Huawei P30 (Gama Alta) – 35 psi – sin carga.....	63

Figura 55. Datos ABAKAL IRI - Samsung Galaxy A10s – 35 psi – sin carga.....	64
Figura 56. Camioneta Toyota Hilux 2021 –25 psi – 300 kilogramos	65
Figura 57. 25 psi –300 kilogramos - smartphone Huawei P30.....	66
Figura 58. Camioneta Toyota Hilux 2021 –25 psi – sin carga 300 kilogramos.....	67
Figura 59. Presión de los cuatro neumáticos a 35 psi	69
Figura 60. Carga de 300 kilogramos y colocación smartphone Huawei P30	70
Figura 61. Combinación Huawei P30 – carga 300 kg – 35 PSI	70
Figura 62. Samsung Galaxy A10s (gama baja) – carga 300 kg – 35 psi.....	71
Figura 63. Presión de neumáticos a 35 psi – retiro de carga de 300 kilogramos	72
Figura 64. Smartphone Huawei P30 – camioneta hilux año 2014 – 35 psi	72
Figura 65. Smartphone Samsung Galaxy A10s – camioneta 2014 – 35 psi	73
Figura 66. Neumáticos a 25 psi – colocación de carga de 300 kilogramos.....	74
Figura 67. Huawei P30 – camioneta 2014 – carga de 300 kg – 25 psi	74
Figura 68. Presión de neumáticos a 25 psi – retiro de carga de 300 kilogramos	75
Figura 69. Culminación de 16 combinaciones y 32 viajes.....	76
Figura 70. Calibración del merlín equipo para rugosidad.....	78
Figura 71. Ubicación con merlín equipo para rugosidad en el km 5+000.....	79
Figura 72. Seguridad vial desde el km 5+000 al km 7+000	79
Figura 73. Detención en intervalos de cada 2 metros de distancia	80
Figura 74. Anotación de lecturas en un formato de 20 filas y 10 columnas	81
Figura 75. Velocidad promedio de 2 km/h en km. 6+000.....	81
Figura 76. Termino de ensayo con equipo merlín en el km 7+000 carril derecho ...	82
Figura 77. Calibración del merlín equipo para Rugosidad en el km 7+000	82
Figura 78. Ubicación con merlín equipo para rugosidad en el km 7+000.....	83
Figura 79. Seguridad vial desde el km 7+000 al km 5+000	83
Figura 80. Velocidad continuo de 2 km/h en km 7+000 al km 5+000.....	84
Figura 81. Anotación de lecturas km 7+000 al km 5+000	84
Figura 82. Termino de ensayo en el km 5+000 carril izquierdo.....	85

Figura 83. Datos de campo tramo 1 – carril derecho	86
Figura 84. Distribución de frecuencias – tramo 1.....	87
Figura 85. de campo tramo 2 – carril derecho	87
Figura 86. Distribución de frecuencias – tramo 2.....	88
Figura 87. Datos de campo tramo 3 – carril derecho	88
Figura 88. Distribución de frecuencias – tramo 3.....	89
Figura 89. Datos de campo tramo 4 – carril derecho	89
Figura 90. Distribución de frecuencias – tramo 4.....	90
Figura 91. Datos de campo tramo 5 – carril derecho	90
Figura 92. Distribución de frecuencias – tramo 5.....	91
Figura 93. Datos de campo tramo 6 – carril izquierdo	91
Figura 94. Distribución de frecuencias – tramo 6.....	92
Figura 95. Datos de campo tramo 7 – carril izquierdo	92
Figura 96. Distribución de frecuencias – tramo 7.....	93
Figura 97. Datos de campo tramo 8 – carril izquierdo	93
Figura 98. Distribución de frecuencias – tramo 8.....	94
Figura 99. Datos de campo tramo 9 – carril izquierdo	94
Figura 100. Distribución de frecuencias – tramo 9.....	95
Figura 101. Datos de campo tramo 10 – carril izquierdo	95
Figura 102. Distribución de frecuencias – tramo 10.....	96
Figura 103. Zona evaluada cada 100 metros con ABAKAL IRI	134
Figura 104. Comparación de datos equipo Merlin y aplicativo ABAKAL IRI.....	138
Figura 105. Valores IRI obtenido con equipo Merlin	143

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de Calibración Rugosímetro Merlin.....	152
Anexo 2. Ficha Técnica Manómetro Digital	155
Anexo 3. Datos del vehículo Toyota Hilux 4x4 - 2021.....	156
Anexo 4. Seguro contra accidentes Toyota Hilux 4x4 - 2021.....	157
Anexo 5. Datos del vehículo Toyota Hilux 4x4 - 2014.....	158
Anexo 6. Seguro contra accidentes Toyota Hilux 4x4 - 2014.....	159
Anexo 7. Matriz de consistencia	160

RESUMEN

En la presente tesis se ha determinado el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) usando el aplicativo móvil ABAKAL IRI y la metodología tradicional Rugosímetro Merlin en la Carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000 comprendiendo una longitud de 2 kilómetros constituida de pavimento flexible en un ancho de calzada de 7,20 metros, ubicado en la provincia de Tacna, Región Tacna. El objetivo de la investigación es determinar los factores como: Smartphone de gama alta y Smartphone de gama baja, vehículo del año 2021 y vehículo del año 2014, presión en neumáticos de 35 PSI y 25 PSI, variación de la carga viva, velocidad constante a 80km/h, influyen en obtener buenas lecturas de medición con la aplicación móvil ABAKAL IRI en comparación con el Merlín equipo para rugosidad para la determinación de la rugosidad en la carretera Costanera Sur PE-1SD. La tesis es de tipo aplicada con enfoque cuantitativa, porque se solucionó un determinado problema como la rugosidad con los métodos Merlín equipo para rugosidad y aplicativo ABAKAL IRI. Los resultados de la rugosidad obtenido con el Merlín equipo para rugosidad son carril derecho IRI igual a 3,04 m/km y en carril izquierdo IRI igual a 3,50 m/km, obteniendo un IRI promedio de 3,27 m/km. Para obtener la rugosidad con el aplicativo Móvil ABAKAL IRI se realizó 16 combinaciones con 32 viajes con los diferentes factores que pueden influir en la mejora de una buena lectura, concluyendo que la combinación N° 1 realizado con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021 con presión en las llantas de 35 PSI, haciendo uso del smartphone Huawei P30 (gama alta), además de contar con una carga de 300 kilogramos se obtuvo un IRI carril derecho a 2,61 m/km y en carril izquierdo IRI igual 3,98 m/km, obteniendo un IRI promedio de 3,29 m/km . Al realizar la comparación del IRI promedio del Merlín equipo para rugosidad con el IRI promedio de la combinación 1 realizado con el aplicativo ABAKAL IRI, se obtuvo una diferencia de 0,02 m/km obteniendo un porcentaje de similitud de 99.39%, se concluye que con ambas metodologías el estado de pavimento es REGULAR. Por lo tanto, el aplicativo Móvil ABAKAL IRI con la combinación 1 obtiene resultados similares al Merlín equipo para rugosidad, por lo que son datos confiables.

Palabras claves: Abakal IRI, Rugosímetro Merlin, Factores, rugosidad.

ABSTRACT

In this thesis, the International Roughness Index (IRI) has been determined using the ABAKAL IRI mobile application and the traditional Merlin Roughness Meter methodology on the National Highway: PE-1SD, La costanera, Section: Tacna (Province: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 TO KM 7+000 comprising a length of 2 kilometers made up of flexible pavement with a road width of 7.20 meters, located in the province of Tacna, Tacna Region. The objective of the research is to determine factors such as: high-end Smartphone and low-end Smartphone, vehicle of the year 2021 and vehicle of the year 2014, tire pressure of 35 PSI and 25 PSI, live load variation, constant speed at 80km/h, influence obtaining good measurement readings with the ABAKAL IRI mobile application in comparison with the Merlin equipment for roughness for the determination of roughness on the Costanera Sur PE-1SD highway. The thesis is applied with a quantitative approach, because a certain problem was solved, such as roughness with the Merlin equipment for roughness and the ABAKAL IRI application methods. The roughness results obtained with the Merlin equipment for roughness are the right lane IRI equal to 3.04 m/km and the left lane IRI equal to 3.50 m/km, obtaining an average IRI of 3.27 m/km. To obtain the roughness with the ABAKAL IRI Mobile application, 16 combinations were made with 32 trips with the different factors that can influence the improvement of a good reading, concluding that the combination No. 1 made with the Toyota brand vehicle, hilux model, bodywork pick up and year of manufacture 2021 with tire pressure of 35 PSI, using the Huawei P30 smartphone (high-end), in addition to having a load of 300 kilograms, an IRI right lane was obtained at 2.61 m/km and in lane left IRI equal 3.98 m/km, obtaining an average IRI of 3.29 m/km. When comparing the average IRI of the Merlin equipment for roughness with the average IRI of combination 1 made with the ABAKAL IRI application, a difference of 0.02 m/km was obtained, obtaining a similarity percentage of 99.39%, it is concluded that with both methodologies the state of paving is REGULAR. Therefore, the ABAKAL IRI Mobile application with combination 1 obtains similar results to the Merlin equipment for roughness, so they are reliable data.

Keywords: Abakal IRI, Merlin Roughness Tester, Factors, roughness

INTRODUCCIÓN

El conjunto de vías de un país, región representa un patrimonio de gran valor, en el cual demanda una inversión superior a miles o millones de nuevos soles a lo largo de un periodo de tiempo en años para su creación, por otro lado cuando los carriles de las vías encontramos en un nivel de daño elevado encontramos al menos cuatro factores que son aquejados; concretamente la comodidad y seguridad, costos de operación y tiempos de viaje donde la inversión será ascendente en las vías, ya que si los niveles de daño son extremos, los procesos de reposición serán mayores que cuando se realice el mantenimiento oportunamente, esto nos lleva a tener un indicador de nivel de servicio llamado Índice de Rugosidad Internacional (IRI) que se utiliza como medida de calidad de la regularidad superficial de cualquier pavimento.

Es de importancia contar con una red de vías adecuadas tanto en cantidad a la vez en calidad, por el contrario, en no existir mejoras se traducirá en un impedimento directamente el nivel de vida y la productividad de los agentes económicos, en ese contexto se plantea en la presente investigación soluciones para obtener datos confiables y cálculo del IRI considerando la confiabilidad de datos, rendimiento, de la misma forma el tiempo. Por consiguiente, realizaremos el análisis superficial (IRI) del pavimento flexible en la Carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000 donde aremos la utilización de dos metodologías, primero el Rugosímetro Merlin considerado como un método de análisis simple tradicional con resultados confiables comparando con la segunda metodología moderna ABAKAL IRI obteniendo resultados confiables en tiempo real, asimismo, encontraremos algunos factores que estén directamente vinculado para el cálculo de la rugosidad del pavimento flexible que mejorarían en las lecturas de medición al utilizar el aplicativo móvil ABAKAL IRI. Para la cual, la presente investigación esta estructura en 5 capítulos, capítulo 1 establecemos la formulación del problema, proponemos los objetivos e hipótesis; capítulo 2 desplegamos la presentación del marco teórico, donde presentamos los antecedentes, las base teóricas añádase a este la explicación y aclaración de los términos; capítulo 3 exponemos la metodología de investigación, precisando el tipo y nivel de investigación, además indicamos la población y muestra de estudio; capítulo 4 realizamos el presentado de los resultados de las metodologías rugosímetro Merlin y Abakal IRI; capítulo 5 desarrollo de la discusión sobre los resultados logrados; para concluir con el desarrollo con las conclusiones y también recomendaciones.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Las economías del mundo entero se mantienen en base a la idea del “intercambio”. Entre dos o más país, departamento, provincia, distrito se produce intercambio de: bienes y servicios, educación y cultura, accediendo a las personas a mejorar y ser competitivos es decir el progreso de los pueblos. Lo anterior nos quiere decir que tenemos que tener más y mejores carreteras, redes viales sustentables, sinónimo de éxito, prosperidad.

Las carreteras y vías urbanas que son vías de comunicación constituyen un elemento básico de calidad de vida; la Republica del Perú uno de los países de Sudamérica contaba a julio del 2011 un 53,6 % de red vial nacional pavimentada rehabilitado y mejorado, a diciembre del 2014 una cifra equivalente al 75,5%, a julio del 2016 (proyecta) un 87,7% de red vial nacional pavimentada, esto un indicador que en la Republica del Perú las carreteras encontradas están en situación en mal estado generando una falta de infraestructura adecuada de transporte de millones de peruanos afectando la competitividad del país y el desarrollo local, al mismo tiempo, la condición del confort y de la seguridad de la vía para los conductores de los vehículos y a la vez salvaguardar la seguridad de los peatones.

He ahí la inversión en carreteras tiene una gran trascendencia, tanto en construcción, al mismo tiempo en conservación, debiendo encontrarse un equilibrio entre ambos. Parte de esto último implica realizar cálculos para determinar la condición en la que se encuentra el pavimento de manera objetiva y analítica, por eso se debe poseer un indicador de la irregularidad superficial que es el índice de rugosidad internacional (IRI), donde en la actualidad no solo se requiere la inversión en carreteras con infraestructura nueva, sino también que tenga en su poder un diseño que asegure su durabilidad, autónoma de las condiciones climatológicas y el tráfico.

Actualmente la Provincia de Tacna cuenta con avenidas asfaltadas en muy mal estado de conservación, con la presencia de baches, hundimientos, segregación del pavimento y muchas deficiencias más, incluso algunas avenidas se encuentran en total abandono, lo que ocasiona una demora en el tránsito vehicular y un incremento de riesgos de accidentes peatonales.

El crecimiento del tránsito vehicular de pasajeros y vehículos pesados han sido factores en el aumento del deterioro de las calles y avenidas de nuestra ciudad, junto a

ello se suma la falta de atención de nuestras autoridades de mantener en óptimo estado en la red vial de nuestras calles que son esenciales para conectar nuestra ciudad e impulsar el desarrollo económico.

Es muy importante conservar en buen estado la infraestructura vial de nuestra ciudad ya que ello conlleva una disminución en el tiempo en que nos transportamos de un lugar a otro, reduce costos de desplazamiento, dinamiza el comercio para diferentes actividades y mejora la calidad de vida de los tacneños.

Por otra parte, la falta de atención en la evaluación de la rugosidad de los pavimentos en las principales vías de la Provincia de Tacna ha causado que estas se encuentren en un estado bastante inadecuado para el tránsito vehicular, lo que ocasiona daños en los vehículos que se transportan por aquellas calles, avenidas.

A continuación, citamos algunas de las principales avenidas y calles de nuestra ciudad que se encuentran en estado crítico por las faltas de atención mencionadas:

La Figura 1 se muestra la Avenida Tarapacá - Distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa - Provincia de Tacna compuesto de pavimento flexible donde se aprecia fallas tales como piel de cocodrilo, agrietamiento, hundimientos, depresión, parcheo, baches, hinchamiento y pulimiento de agregados con diferentes niveles de severidad entre medio (M) y alto (H).

Figura 1

Avenida Tarapacá



La Figura 2 muestra la Avenida Circunvalación Norte en la Provincia de Tacna, se identifica fallas en el pavimento flexible, concretamente: baches con nivel de severidad alto (H), pulimiento de agregados, desnivel de carril de severidad alto (H), desprendimiento de agregados de severidad alto (H) y que en la actualidad existe un alto flujo de tránsito de autos, station wagon, camionetas, buses (2E, 3E), camión (2E,3E), semi (2S1/2S2) en la Avenida Circunvalación Norte.

Figura 2

Avenida Circunvalación Norte



La Figura 3 expone la Avenida Collpa en la Provincia de Tacna que, al no haberse realizado la preservación en estado general del pavimento flexible como su infraestructura vial se encuentra fallas de grietas longitudinales, pulimiento de agregados, parcheo; alterando su serviciabilidad del pavimento y el confort del usuario frente al uso de la Avenida Collpa.

Figura 3

Avenida Collpa, Tacna



La Figura 4 muestra que en la Avenida Celestino Vargas ubicado en el Distrito de Pocollay – Provincia de Tacna no se observa un buen acabado superficial del pavimento y a la vez está presente la presencia de fallas en el pavimento flexible, en manera de: depresión, grietas longitudinales y transversales, baches, hinchamiento.

Figura 4

Avenida Celestino Vargas, Pocollay, Tacna



La Figura 5 representa que al momento de haber examinado la Avenida Industrial ubicado en el Cercado de Tacna – Provincia Tacna se encontró fallas en gran mayoría de: desprendimiento de agregados, baches, parcheo, grietas longitudinales, depresión, corrugación.

Figura 5

Avenida Industrial, Cercado de Tacna, Tacna



En la actualidad en la Región de Tacna para determinar la Rugosidad de los pavimentos se utiliza el Rugosímetro Merlín considerado como un método de análisis simple con resultados confiables; la desventaja del equipo Rugosímetro Merlín es su bajo rendimiento en la razón de gran cantidad de tiempo consumido en la toma de datos y cálculo del IRI por lo que es más notorio cuando se gestiona evaluar la rugosidad de vías de gran longitud (90 kilómetros o más) y teniendo establecido muy poco tiempo para ello. Además, indiscutiblemente contar una práctica eficiente, he igualmente, al mismo tiempo contar un operador que tenga una experiencia adecuada.

Pensando especialmente para la Región Tacna que es un departamento en vías de desarrollo consideramos fundamental la implementación de un plan de control y evaluación del pavimento flexible a fin de monitorear regularmente nuestra infraestructura vial y poder atenderlas en un estado que no sea extremadamente deteriorado.

Actualmente, a medida que las vías son utilizadas por el transporte de personas y cargas, estas van presentando daños; si no presentan el mantenimiento adecuado, el deterioro del pavimento puede alcanzar niveles altos que pueden requerir su reconstrucción en periodos cortos con relación a su vida útil. La evaluación de la

rugosidad en la carretera nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000: 2 kilómetros, constituye como el principal de los objetivos del trabajo de la investigación, debido a que los resultados que se obtendrán; podrán servir para el planteamiento de un proyecto de mejoramiento o mantenimiento de la carretera, lo cual mejorará la transitabilidad del transporte de personas y carga desde la Región Tacna hacia el norte del País, porque ya se encuentra interconectado la vía costanera. Es evidente el crecimiento de los flujos vehiculares como autos, station wagon, camionetas, buses (2E, 3E), camión (2E,3E), semi (2S1/2S2) está deteriorando más fácilmente la carretera indicada, porque su presencia daña toda la estructura del pavimento, carretera que no estuvo diseñado para ese tipo de tráfico como se observa en la figura.

1.1.1. Condiciones generales de sitio

a. Ubicación

La carretera nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua), ubicado como punto de partida en la Provincia de Tacna, Región Tacna.

El tramo de estudio se inicia en la progresiva KM 5+000 finalizando en la progresiva KM 7+000, estableciendo un total de 2 kilómetros.

b. Coordenadas UTM

Zona	: 19 S
Coordenada Este	: 359689.78
Coordenada Norte	: 7999644.39
Altitud de estudio	: 316 m.s.n.m.

c. Accesibilidad

- El presente proyecto tesis se encuentra la Provincia de Tacna, Región Tacna. De ello resulta la accesibilidad al proyecto tesis por la Avenida Collpa, de igual manera por la Avenida Ejercito y Avenida Mariátegui.
- Puede anotarse también como otro lugar de acceso al proyecto tesis la misma carretera costanera sur PE-1SD iniciando por la localidad de Camaná, Quilca, Matarani, Mollendo, Punta de Bombón, Ilo.

d. Limites

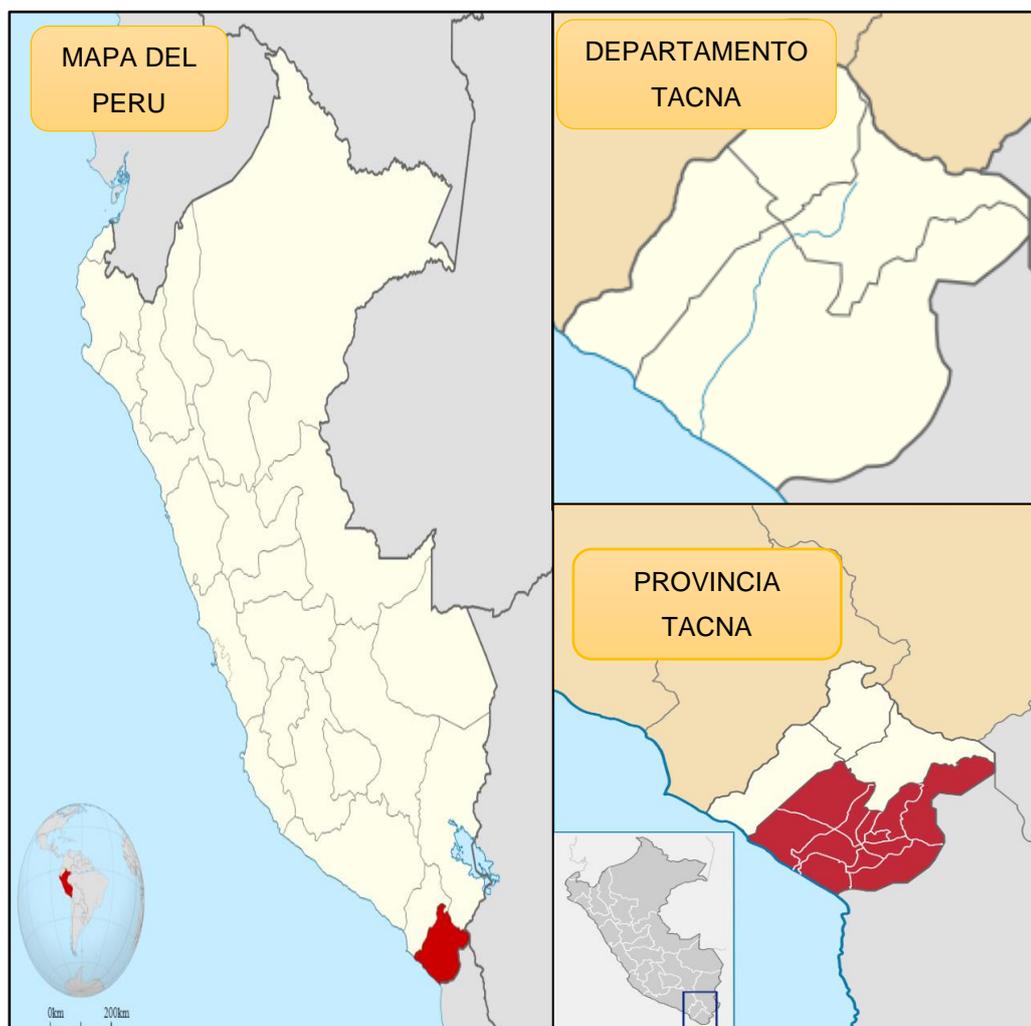
- Por el este, Gasolinera Marflo.

- Por el oeste, Terrenos Propiedad Privada.
- Por el norte, Terrenos Propiedad Privada.
- Por el sur, Bosque Municipal de Tanca, Planta de tratamiento de magollo.

La Figura 6 demuestra que la carretera nacional - la costanera, PE-1SD está ubicado en la República del Perú situado en el oeste de América del Sur, el Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) km. 5+000 al km. 7+000 se dispone al sur del Perú en el Departamento de Tacna, teniendo como punto de partida en la Provincia de Tacna.

Figura 6

Mapa de Macrolocalización de zona de estudio



Nota. Imagen extraída de Google

La Figura 7 muestra la zona de investigación teniendo como inicio de tramo en km. 5+000 posteriormente teniendo como fin de tramo en la progresiva KM 7+000, estableciendo un total de 2 kilómetros.

Figura 7

Zona de Investigación, carretera nacional PE-1SD L= 2+000 KM



Nota. Imagen extraída de Google Earth

En la Figura 8 se registra in situ el inicio del tramo con emplazamiento en el kilómetro 5+000 y fin de tramo en kilómetro 7+000 observando al momento el alto tránsito de auto, volkswage, station wagon, camionetas (suv, pick up, panel), rural, micro, bus 2E, camión (2E/3E), semi (2S1/2S2).

Figura 8

Inicio de tramo km. 5+000 – Fin de tramo km. 7+000 PE-1SD



La Figura 9 evidencia que en la carretera nacional PE-1SD está presente la presencia de fallas de agrietamiento pero que ya se encuentran recubierto con sello asfáltico pero que al momento de su desplazamiento en la PE-1SD no genera confort, seguridad y costos para el usuario.

Figura 9

Presencia de fallas Carretera Nacional PE-1SD



La figura 10 señala que en la carretera nacional PE-1SD kilómetro 5+000 al kilómetro 7+000 (2 kilómetros), evidencia pulimiento de agregados, baches, ahuellamiento, fallas de agrietamiento en todo el tramo de 2 kilómetros.

Figura 10

Pulimiento de agregados, baches, ahuellamiento en PE-1SD



Esto nos lleva a nosotros a la necesidad del uso de software, programas, aplicativos que podamos obtener datos confiables y cálculo del IRI de manera instantánea razón por la cual se requiere seguir investigando estos nuevos métodos modernos. De manera que ahora existe un aplicativo móvil usado en un teléfono inteligente o dispositivo móvil - Android que es el aplicativo ABAKAL IRI donde las personas estamos teniendo la preferencia a la información en tiempo real, también, los proyectistas están comenzando a utilizar el aplicativo ABAKAL IRI.

El problema del uso aplicativo ABAKAL IRI cabe decir al respecto no está normado, no tiene procedimientos técnicos aprobados, de igual importancia, depende de muchos factores, concretamente: teléfono inteligente, año de fabricación del vehículo (incidencia de amortiguadores), presión de los neumáticos, peso del vehículo.

Tanto el aplicativo móvil ABAKAL IRI y el Equipo Rugosímetro Merlín nos permiten tomar los valores del IRI e estimar resultados para la evaluación de la rugosidad (irregularidad) superficial de la infraestructura vial estudiada.

En definitiva, con el presente estudio de investigación queremos encontrar algunos factores que estén directamente vinculados para el cálculo de la rugosidad del pavimento flexible (I.R.I.) que puede presentar una determinada vía aplicando el aplicativo móvil ABAKAL IRI que es una nueva tecnología moderna y compararlo con nuestro patrón que será el equipo Rugosímetro Merlín.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los factores que influyen en las lecturas del aplicativo móvil ABAKAL IRI para determinar la rugosidad del pavimento flexible, en la carretera Costanera Sur, Tacna - 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo disminuimos el error en la lectura de datos del aplicativo móvil ABAKAL IRI?
- b. ¿Qué factores o alternativas de solución permitirán una mejor lectura de datos obtenidos por el aplicativo móvil ABAKAL IRI?

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación de la investigación

El presente estudio de investigación busca medir la rugosidad mediante el Rugosímetro de Merlín comparándolo con el aplicativo móvil ABAKAL IRI y los diferentes factores comunes que puedan influir en la toma de datos del IRI, estos factores comparativos pueden ser:

- Smartphone de gama alta y Smartphone de gama baja.
- Vehículos del año 2021 y vehículos del año 2014.
- Presión en las llantas de 35 PSI y 25 PSI.
- Variación de la carga viva que soporta el vehículo en el momento de la toma de datos.
- Velocidad constante a 80km/h.

1.3.2. Justificación Teórica

La investigación propuesta que vamos a desarrollar se quiere hallar, por medio de la teoría y al mismo tiempo los conceptos básicos de la aplicación de las metodologías usadas como ensayos no destructivos preservando el estado general de la estructura vial, entiéndase por el rugosímetro Merlín que es un método patrón y tradicional, igualmente, la aplicación de la metodología del aplicativo Abakal IRI. Estas metodologías tienen como finalidad en común definir la rugosidad del pavimento.

1.3.3. Justificación Practica

El presente texto de investigación nos permite encontrar resultados reales y exactos a los problemas de la rugosidad (IRI). Se afirma que al definir un IRI es un indicador de nivel de servicio aceptado en la actualidad, así mismo obligatorio como medida de calidad del pavimento de modo que se encuentra recalcado en la normativa peruana.

Todos los ingenieros de carreteras o de transporte deben de estudiar y manejar el indicador de irregularidad superficial (IRI) aplicando los parámetros metodológicos establecidos como uso aplicativo ABAKAL IRI una herramienta de medición que agiliza y facilita sobre todo el cálculo de la rugosidad, al igual que el Rugosímetro de Merlín cuyos resultados son de confiabilidad donde permitirá definir la calidad, así como plantear una propuesta de diseño donde y cuando se deberá realizarse una determinada intervención ya que las vías terrestre de un país representan un patrimonio vial para la comunidad y de gran importancia en el bienestar de las personas.

1.3.4. Justificación Metodológica

En el efecto de lograr los objetivos de la investigación, se utilizara las normativas actuales y validas por el ministerio de transportes y comunicaciones como son el manual de carreteras código: MC-01-13 Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), manual de carreteras código: MC-08-14 Mantenimiento o Conservación vial, manual de carreteras código: MC-05-14 Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimientos: Sección suelos y pavimentos; Norma CE-010 Pavimentos Urbanos. Las técnicas de investigación como la aplicación de la metodología MERLIN que proporciona resultados de gran exactitud la rugosidad, pero con un problema de bajo rendimiento y el aplicativo móvil ABAKAL IRI que es una herramienta que agiliza y facilita el cálculo de la rugosidad además siendo eficaz y económica; en efecto ambas técnicas impulsan conocer el estado de una vía cuyos resultados tendrán trascendencia e importancia a la realización de soluciones de mejora en la vía.

1.3.5. Justificación Social

Con respecto a la parte social, el resultado de la investigación tendrá un alcance significativo en solucionar las demandas de la sociedad actual y futura, específicamente en la condición del confort y seguridad de la vía para el usuario peruano que utiliza el transporte terrestre. De la misma forma, beneficiará directamente a la sociedad tacneña, porque permitirá mejorar la calidad de vida en la zona investigada donde podrán acceder a conocer el estado real de transitabilidad en la carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) km. 5+000 al km. 7+000: 2 kilómetros.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar los factores que influyen en las lecturas del aplicativo móvil ABAKAL IRI para determinar la rugosidad del pavimento flexible en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar los valores IRI con el Equipo Merlin en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021

- b. Determinar los valores IRI con la aplicación del aplicativo móvil ABAKAL IRI en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Los factores de las lecturas del aplicativo móvil ABAKAL IRI para determinar la rugosidad del pavimento flexible influyen significativamente en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. Al determinar los errores que influyen al momento de la lectura de datos del aplicativo móvil ABAKAL IRI se obtendrán restricciones para esta aplicación
- b. La determinación del factor que permite una mejor lectura de datos del aplicativo móvil ABAKAL IRI es muy aceptable

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Reyes (2020), en su tesis sobre; Determinación del Índice de rugosidad internacional en la Av. la prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de merlín. Escuela de ingeniería civil, facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad estatal del sur de Manabí, Jipijapa – Manabí – Ecuador. Dentro de su investigación su objetivo es encontrar la similitud de los resultados de la rugosidad Superficial del Pavimento (IRI) al utilizar dos aplicaciones Móviles y el software de análisis Vial ProVAL con respecto al Rugosímetro de MERLIN. La metodología del desarrollo de la tesis, primeramente, se izó uso del Rugosímetro de MERLIN en la Avenida La prensa desde 0+000 hasta la abscisa 0+945. La aplicación Total PAVE IRI, la aplicación IRI Calculator y por último con un levantamiento previamente realizado se procedió a ejecutar el análisis con el software ProVAL. Se concluye que las lecturas de IRI varían desde los 2m/km clasificando como un pavimento nuevo. La relación del IRI con PSI nos dispone el valor de 3,31 de serviciabilidad clasificado como BUENO.

Junaid (2015), presento el proyecto de titulación de master de ingeniería en Ingeniería Civil “Medidas de rendimiento del pavimento utilizando la aplicación de teléfono inteligente basada en Android”. Universidad de Osmania. India. El objetivo es investigar la rugosidad del pavimento para mejorar el rendimiento utilizando la tecnología de teléfonos inteligentes basados en Android. Se seleccionaron tramos de 6 y 20 km de longitud. La trascendencia de estudio se localizó en dos tramos repartidas en dos carreteras, para empezar de Chaderghat, (Chanchalguda a Dabeerpura Road) en segundo lugar la carretera de Charminar-Rajiv carretera del aeropuerto internacional de Indira Gandhi- India. La metodología utilizada fue el software Roadroid en un smartphone la cual concluye al realizar el ensayo con velocidades debajo de 20 km/h no son de confianza, la longitud para hallar el IRI ponderado tendrá que ser cada 100 metros y la velocidad constante del vehículo será a 50 km/h apropiado para el logro de obtener el IRI.

Badilla (2009), en su artículo titulado; Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI), Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Dentro de su artículo tiene el objetivo establecer los principales detalles, cuidados y procedimiento de cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI), que deben considerarse para establecer la metodología de ensayo

que se aplicará para la medición del IRI en Costa Rica. Comienza la explicación de los equipos utilizados para la medición de la rugosidad como: Nivel y mira Topográfica, Perfilógrafos, Equipos tipo respuesta (RTRRMS), Perfilómetro Inercial, Dipstick informando su grado de precisión, complejidad del equipo y su implementación.

Arce (2021) en su tesis sobre; Cálculo de índice de rugosidad internacional (IRI) usando el aplicativo ABAKAL para smartphone en la Avenida universitaria del Distrito de Pillcomarca - 2020, Escuela de ingeniería civil, facultad de ingeniería de la Universidad de Huánuco, Huánuco. En su trabajo de investigación propuso determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) empleando el aplicativo ABAKAL para Smartphone en una distancia de 1,3 km de la avenida universitaria del Distrito de Pillcomarca. La realización del presente trabajo para la toma de muestra de IRI fueron por el aplicativo ABAKAL, así mismo, por método tradicional mira y nivel. Respecto a los resultados se observa en la tabla N.º 12 que la variación del IRI de ABAKAL y la MIRA Y NIVEL cada 100 metros hasta completar los 1,30 km en el tramo entre el Puente Tingo y el Ovalo de Cayhuayna es que el valor promedio de la diferencia de las metodologías es de 0,98. En definitiva, se concluye que el IRI obtenido a partir de datos recolectados con mira y nivel tiende a normalizarse y se asemejan a los valores obtenidos de la aplicación ABAKAL.

Laura (2016) desarrollo su tesis sobre; Determinación y Comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlin – 2016, Escuela de ingeniería civil, facultad de ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, Cusco. El objetivo en la presente tesis es encontrar el porcentaje de similitud entre los resultados de la rugosidad superficial en la carretera Cusco - Urcos haciendo uso del aplicativo Roadroid con respecto al Rugosímetro Merlin, evaluándose la longitud desde el Km. 984 hasta el Km 1015+200, ubicada en la región Cusco. Así es dable llegar a la conclusión de que los resultados con la aplicación Roadroid tiene una similitud de 89% con respecto al Rugosímetro Merlin, por consiguiente, la aplicación Roadroid es una herramienta eficiente, ahorra de tiempo en el procesamiento de datos y disminución de recursos.

Sangay (2019) en su tesis sobre; Determinación del nivel de servicio mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) medido con el equipo Merlin en el pavimento flexible de la Av. Hoyos Rubio en la ciudad de Cajamarca, Escuela de ingeniería civil, facultad de ingeniería de la Universidad Privada del Norte, Cajamarca. En cuanto a su objetivo principal de la investigación es determinar el nivel de Servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) medido con el equipo de Merlin. La avenida Hoyos Rubio en la ciudad de Cajamarca con una longitud de 3200 metros, tiene un IMDs=7218

veh/día, Orografía tipo I y perteneciente a la Red Nacional (Ruta 3N). La metodología utilizada para el desarrollo de la tesis fue por inspección visual, levantamiento topográfico realizado por estación total, mediciones en las irregularidades en el pavimento con equipo rugosímetro Merlin en muestras representativas de 400 metros. Los resultados obtenidos para los cuatros carriles fueron los siguientes para el carril E-W una desviación estándar de 0,67, IRIp=2.841 m/km, IRlc=3,944 m/km y un PSI=2,441; para el cerril W-E una desviación estándar de 0,402, IRIp=2,455 m/km, IRlc=3,117 m/km y un PSI=2,837 y para todo el pavimento una desviación estándar de 0,190, IRIp=2,648 m/km, IRlc=2,960 m/km y PSI=2,919. Lo cual apunta hacia la conclusión de que la serviciabilidad se encuentra en el rango de 2-3, por lo tanto, el pavimento se encuentra en condición REGULAR.

Ramos (2017), en su investigación sobre; Evaluación del estado del pavimento por deflectometría e índice de rugosidad internacional de la carretera: Puno – Vilque – Mañazo - 4km críticos – 2015, Escuela de ingeniería civil, facultad de ciencias de la ingeniería de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. El objetivo de la investigación es evaluar el estado del pavimento, evaluando 4 kilómetros más críticos del pavimento donde se realizó los parámetros de evaluación el índice de condición de pavimento exactamente el uso de la deflexión admisible y el IRI. La metodología empleada fue formada por los tramos del km 06+500 al km 08+000 y km 15+400 al km 17+400 donde realizó los ensayos de Viga Benkelman, para determinar la deflexión característica y el Rugosímetro Merlin para determinar el índice de regularidad internacional. Los resultados para concluir son, el ensayo de la Viga Benkelman se obtuvo un valor deflexión promedio de: $69,22 \times 10^{-2}$ mm en el carril derecho, de la misma manera en el carril izquierdo $65,53 \times 10^{-2}$ mm, en definitiva, conlleva a comprender que el pavimento en ambos carriles se encuentran en buenas condiciones. De igual manera los resultados del valor del IRI se obtuvo: 4,78 m/km en el carril derecho y 4,63 m/km en el carril izquierdo conllevando que el pavimento evaluado no cumple con las especificaciones técnicas.

Gonzalo y Beingolea (2021), en su tesis sobre; Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de Merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. Internacional, Tacna – 2021, Escuela de ingeniería civil, facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, Tacna. Dentro de su investigación propuso el objetivo general de mejorar la base de conocimiento determinando la rugosidad del pavimento flexible, con el estudio de una ciencia de método de actualidad y económica para Smartphone, el cual es el aplicativo ABAKAL IRI y la metodología tradicional Rugosímetro MERLIN en una longitud de pavimento de 3,20 km. Con la ejecución del

ensayo del equipo rugosímetro Merlín se obtuvo 16 muestras en 40 metros de longitud sobre cada carril de la vía, obteniendo una rugosidad superficial derecha a 4,07 m/km, rugosidad superficial izquierda a 5,14 m/km obtenido un IRI promedio de 4.61 m/km. En una longitud de pavimento de 3,20 km se calculó la rugosidad con el aplicativo ABAKAL IRI haciendo uso de un Smartphone de gama alta de marca telefónico Samsung modelo Galaxy Note 10 obteniendo una rugosidad superficial derecha a 4,59 m/km, rugosidad superficial izquierda a 4,43 m/km. Llegando a la conclusión al realizar la comparación de ambos métodos se obtuvo el valor de IRI promedio de 4,51 m/km calificando como malo la rugosidad de la avenida en estudio y además el aplicativo ABAKAL IRI concluye que sus resultados son confiables.

Zeballos y Vizcarra (2021), en su investigación titulada; Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: puente el peligro – Emp. PE-40, Tacna - 2020, Escuela de ingeniería civil, facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, Tacna. Su objetivo es obtener la rugosidad del pavimento haciendo el uso de aplicaciones de teléfonos inteligentes como el aplicativo ROADROID y el rugosímetro de MERLIN, la longitud de vía es 3,78 km con ancho de calzada que varía de 6,60 a 7,20 metros. Realizando el uso del Merlín para la rugosidad del pavimento se obtuvo IRI de 3,63 m/km en el carril derecho de igual manera se obtuvo un IRI de 3,41 m/km en el carril izquierdo obteniendo un IRI_p de 3,52 m/km calificando el estado del pavimento como REGULAR. Al realizar el uso del aplicativo ROADROID se ejecutó con un Smartphone de gama alta de marca telefónico Samsung modelo S7 Galaxy obteniendo una rugosidad superficial derecha de 3,73 m/km, rugosidad superficial izquierda igual a 3,44 m/km. En definitiva, se llega a la conclusión al haber realizado la comparación con el método tradicional obtenemos el valor de el IRI promedio igual a 3,59 m/km lo mismo que el aplicativo Roadroid obtiene resultados semejantes al rugosímetro Merlín, por lo que, son datos confiables.

Mamani y Lozano (2021), en su tesis sobre, Evaluación de la Rugosidad en el pavimento utilizando teléfonos inteligentes para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Antúnez de Mayolo, Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna -2021, Escuela de ingeniería civil, facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, Tacna. Dentro de su investigación su objetivo es la evaluación de la rugosidad en el pavimento utilizando teléfonos inteligentes para determinar la mejora de la transitabilidad. La temática es encontrar la rugosidad y transitabilidad, empleando el aplicativo ROADROID y ABAKAL en una longitud de 2 000 m con una calzada de 6,60 m. además un ancho de carril de 3,30 m. Cuando se hizo uso de los aplicativos se desarrolló en un

Smartphone de marca telefónico Samsung modelo Galaxy S7 a velocidad de 40 a 50 km/h en ambos sentidos de la vía. Concluye que se obtuvo un IRI ponderado considerando el aplicativo ROADROID igual a 4,58 m/km y el aplicativo ABAKAL igual a 5,06 m/km teniendo una calificación de pavimento malo, con respecto a la transitabilidad tiene una calificación de mala recomendando efectuar una rehabilitación o reconstrucción.

Huanca y Quispe (2021) desarrollo su tesis sobre; Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida Bohemia Tacneña, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021, Escuela de ingeniería civil, facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, Tacna. Sostiene que su objetivo es evaluar la rugosidad y de esta manera además se determinará el estado en el que se halla el pavimento y de acuerdo a los resultados se obtendrá recomendaciones de solución. Se comenzó el estudio con el rugosímetro de MERLIN de manera que, se obtuvo resultados IRI calzada derecho = 5,31 m/km, para la calzada izquierda IRI = 7,36 m/km, obteniendo el resultado de un IRI promedio de 6,34 m/km calificando al pavimento como MALO y de transitabilidad MALA. Ahora bien, se procedió a calcular la rugosidad con el aplicativo ABAKAL IRI, se alcanzó resultados para la calzada derecha IRI =4,15 m/km, además, para la calzada izquierda IRI =5,10 m/km obteniendo el resultado de un IRI promedio de 4,63 m/km calificando al pavimento como MALO y de transitabilidad REGULAR. Se afirma que se obtiene un PSI promedio de 1,93 de toda la Avenida (transitabilidad mala). Se recomienda realizar un tratamiento superficial el cual consiste en la colocación de emulsiones asfálticas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Carreteras

De acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), en su Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 (p. 10) es una superficie para el tránsito por donde se transita vehículos de por lo menos 2 ejes que contienen un motor adecuado, teniendo que poseer características geométricas, como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y otros elementos de la misma, debiendo satisfacer las obligaciones normativas técnicas vigentes por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.2.2. Clasificación de las carreteras

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) en su Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 (p. 12). Las carreteras del Perú se disponen por clase en función a su demanda, esto es:

2.2.2.1. Autopistas de primera clase

- Carreteras con volumen de vehículos mayores a 6000 veh/día que pasaran durante un año por cierta vía (IMDA – índice medio diario Anual)
- Cada una de las calzadas, tienen que estar formado por dos o más carriles de 3,60 metros de ancho como mínimo.
- Cada calzada debe estar dividida por medio de un separador central con un mínimo de 6,00 metros.
- Se debe contar con un control de accesos (ingresos y salidas) que proporcionarán el movimiento vehicular de manera constante, sin cruces y poner en zonas urbanas puentes peatonales.
- La superficie de rodadura será pavimentada.

La Figura 11 presenta una autopista de primera clase conformada por tres carriles tanto para ida y regreso de igual importancia están divididas por un separador con una distancia mínima de 6,00 metros.

Figura 11

Autopistas de Primera Clase



Nota. Adaptado de Tipos de carreteras. Autopista de 62 kilómetros entre la M40 y Guadalajara (EFE),2018, (<http://tiposdecarreteras87.blogspot.com/2018/11/clasificacion-por-demanda-en-el-peru-1.html>).

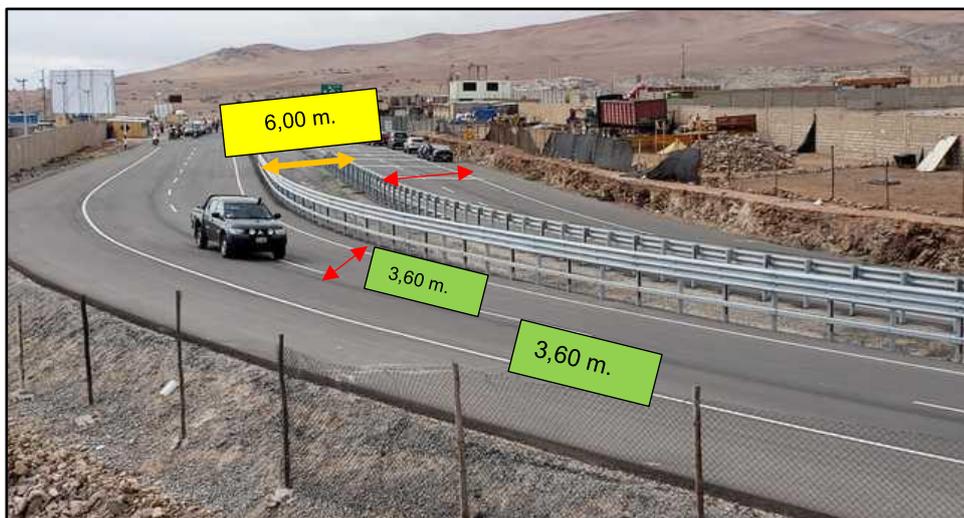
2.2.2.2. Autopistas de segunda clase

- Carreteras con volumen de vehículos entre 6000 veh/día y 4001 veh/día que pasaran durante un año por cierta vía (IMDA – índice medio diario Anual).
- Cada una de las calzadas, tienen que estar formado por dos o más carriles de 3,60 metros de ancho como mínimo.
- Cada calzada debe estar dividida por medio de un separador central que puede ser diferentes de 6.00 metros incluso hasta una trayectoria de 1 metro.
- Se debe contar con un control de accesos (ingresos y salidas) que proporcionarán el movimiento vehicular de manera constante, ser necesario contar con cruces y poner en zonas urbanas puentes peatonales.
- La superficie de rodadura será pavimentada.

La Figura 12 muestra una autopista de segunda clase formado por dos carriles de 3,60 metros de ancho mínimo tanto de ida y regreso, además, esta dividido por un separador de 6,00 metros.

Figura 12

Autopistas de Segunda Clase



Nota. Adaptado de Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Carretera Matarani – El arenal – Punta de Bombón, Arequipa.

2.2.2.3. Carretera de primera clase

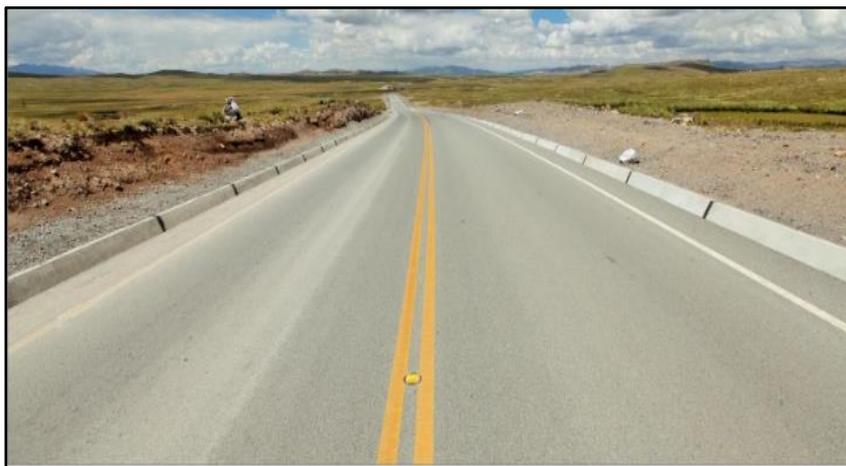
Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), en su Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 (p. 12). Son carreteras con volumen de vehículos entre 4000 veh/día y 2001 veh/día que pasaran durante un año por cierta vía (IMDA – índice medio diario Anual), tendrá una calzada formada por dos carriles de 3,60 metros de ancho

como mínimo. Será necesario contar con cruces y poner en zonas urbanas puentes peatonales y/o dispositivos de seguridad vial permitiendo velocidades de operación con seguridad. La superficie de rodadura será pavimentada.

En la Figura 13 muestra una carretera conformada por dos carriles de 3,60 metros de ancho como mínimo.

Figura 13

Carretera de Primera Clase



Nota. Adaptado de Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Carretera Imata Ocollo Negromayo – Perú.2018.

2.2.2.4. Carreteras de Segunda Clase

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) en su Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 (p. 12). Son carreteras con volumen de vehículos entre 2000 veh/día y 400 veh/día que pasaran durante un año por cierta vía (IMDA – índice medio diario Anual), tendrá una calzada formada por dos carriles de 3,30 metros de ancho como mínimo. Será necesario contar con cruces y poner en zonas urbanas puentes peatonales y/o dispositivos de seguridad vial permitiendo velocidades de operación con seguridad. La superficie de rodadura será pavimentada.

2.2.2.5. Carreteras de Tercera Clase

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) en su Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 (p. 12). Son carreteras con volumen de vehículos menores a 400 veh/día que pasaran durante un año por cierta vía (IMDA – índice medio diario Anual), tendrá una calzada formada por dos carriles de 3,00 metros de ancho como mínimo, pero ocurre que podrá haber vías que contengan carriles de 2,50 m., sustentado

técnicamente. Pueden funcionar con la aplicación de emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos, estabilizadores de suelos y afirmado en la capa de rodadura.

2.2.2.6. Trochas Carrozables

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), en su Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 (p. 13). Vías que no llegan alcanzar las características geométricas de una carretera, teniendo generalmente un tránsito menor a 200 veh/día (IMD). Las trochas carrozables deben tener un ancho mínimo de 4,00 m. construyendo además un mínimo de 500 metros de ensanches llamados plazoletas. La superficie de rodadura será pavimentada o sin afirmar.

La Figura 14 muestra una trocha carrozable que no llega alcanzar las características geométricas de una carretera, está constituida con un ancho mínimo de 4,00 metros y superficie de rodadura sin afirmar.

Figura 14

Trochas Carrozables



Nota. Adaptado de Diario Digital Chelelo y Borolas. Trocha carrozable del caserío de Cocalpuquión (Pasco, Perú), (<http://www.cheleloyborolas.com/index.php/institucional/20899-municipalidad-distrital-de-ticlacayan-alista-pronta-inauguracion-de-trochas-carrozables>).

2.2.3. Pavimentos

Según (Becerra, 2012) los pavimentos solucionan la disposición de las partes que componen su diseño y sus propiedades de los caminos, construidos para mejorar el libre tránsito en condiciones óptimas en el largo de su vida útil. Los pavimentos tendrán una estructura constituida por una capa de rodadura seguido de la capa granulares

simples o tratadas reposando en la subrasante, diseñado para transferir y distribuir cargas vehiculares a la vez protegiendo el suelo natural.

Según (Tapia, 2018) los pavimentos se definen como un sistema que ejecuta sus funciones cumpliendo específicas leyes físicas reaccionado en manera de respuestas al recibir cargas (esfuerzos), deformación unitaria, tiempo igualmente la temperatura. En conclusión, el pavimento es un sistema con espesores y propiedades y el acomodando de varios materiales conformando capas una encima de la otra, llamando “subrasante” quien recibirá las cargas del tránsito de manera directa y transmitirá a los estratos inferiores de manera uniforme y disipada.

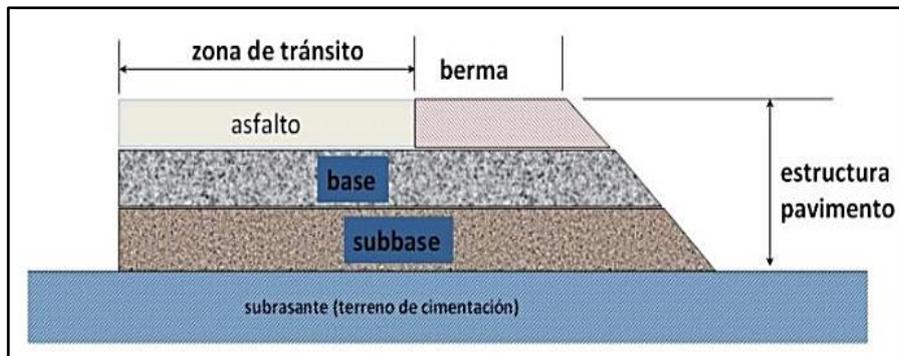
2.2.4. Tipos de Pavimentos

Los pavimentos, a causa de la forma que se transmite las cargas vehiculares, se disponen de la siguiente manera en:

2.2.4.1. Pavimentos Flexibles

Son aquellos pavimentos que cuentan con una carpeta de rodadura constituida por concreto de mezcla asfáltica, conocidos comúnmente como pavimentos asfálticos. Cuando se dice pavimento flexible corresponde a la forma de transmisión de las cargas desde la capa de rodamiento hasta la subrasante. Mientras que el asfalto actúa como un transmisor de las cargas vehiculares, pero no absorbe las cargas. Por esta razón, por lo general requieren los pavimentos flexibles un mayor número de capas intermedias.

La Figura 15 muestra un diseño típico de una estructura pavimentada de un pavimento flexible conformado por capas tales como la subrasante que es el terreno natural, continua la subbase, prosigue la base culminando con el asfalto como la zona de tránsito y la berma.

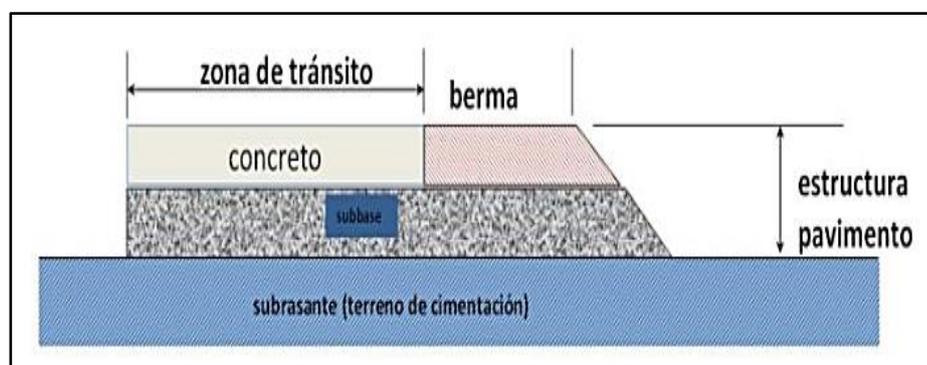
Figura 15*Esquema – Pavimento Flexible*

Nota. Adaptado de tópicos de pavimentos de concreto (p, 6) por M. Becerra Salas, 2012.

2.2.4.2. Pavimentos Rígidos

Son aquellos pavimentos que tienen una carpeta de rodadura por losas de concreto de cemento hidráulico, en determinadas oportunidades presenta un armado de acero. Adoptan el nombre de pavimento rígido por su mayor rigidez y distribución de las cargas vehiculares en forma eficiente en toda la superficie de la losa además en las capas granulares adyacentes. El mantenimiento requerido es mínimo.

La Figura 16 muestra un diseño típico de una estructura rígida de un pavimento rígido conformado por capas tales como la subrasante que es el terreno natural, continua la subbase, culminando con losas de concreto donde sobre ello será la zona de tránsito, de igual importancia, la berma.

Figura 16*Esquema – Pavimento Rígido*

Nota. Adaptado de tópicos de pavimentos de concreto (p, 6) por M. Becerra Salas, 2012.

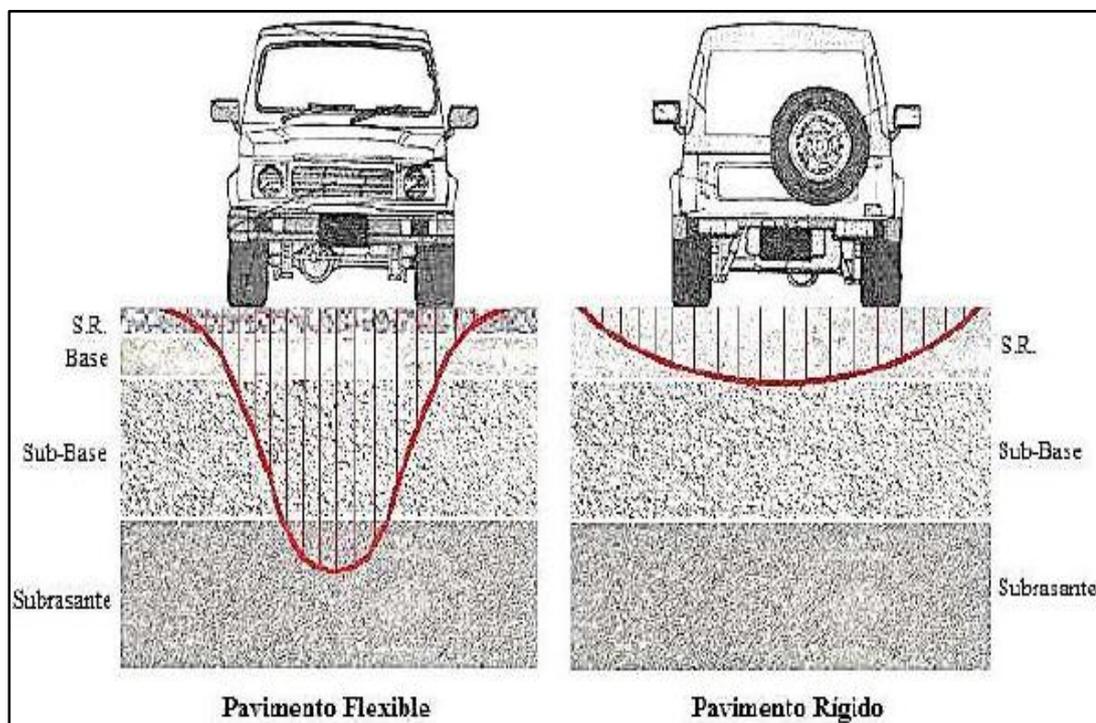
2.2.4.3. Pavimentos Mixtos o Compuestos

Son pavimentos que está conformado por una capa de concreto hidráulico colocado encima una carpeta asfáltica, es usado en calles y la justificación en un primer aspecto es la presencia de redes y servicios de bajo que deberán estas protegidos de la acción del tránsito vehicular. Esto impide realizar excavaciones a profundidades para incorporar un diseño de un pavimento habitual tipo flexible.

En la Figura 17 muestra un pavimento mixto conformado por capas tales como la subrasante, sub base. En el lado derecho se aprecia un pavimento rígido colocado en zona de transito una camioneta suv, el pavimento rígido por su mayor rigidez distribuye la carga del vehículo de forma eficiente en toda la superficie de la losa, de igual importancia, en el lado izquierdo se aprecia un pavimento flexible colocado en zona de transito una camioneta suv la forma de transmisión de las cargas va desde la capa de rodamiento hasta la subrasante donde el asfalto actúa como un transmisor de la carga de la camioneta suv, pero no absorberá las carga.

Figura 17

Esquema del comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos



Nota. Adaptado de Fuente de elaboración de las curvas del ciclo de vida de las carreteras CA-1, CA-2 y CA-3 – 2013.

2.2.5. **Serviciabilidad**

El a gusto de los usuarios se expresa de manera general por la calidad en que se encuentran el pavimento y elementos de seguridad vial. La serviciabilidad fue determinado como la disposición de un pavimento para estar al servicio del tránsito para el cual fue diseñado.

AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials) ha sido la primera en organizar según un sistema un procedimiento objetivo para establecer el nivel de desgaste de los pavimentos, empleando el parámetro denominado índice de Serviciabilidad Presente (PSI) procurando relacionar el estado y/o situación funcional con la estructural.

En la Tabla 1 indica que abra valores desde uno al cinco y tendrán una denominación como: muy mala, mala, regular, buena, muy buena donde abra valores extremos como el cero para un camino que no se puede transitar hasta cinco para un camino en perfectas condiciones.

Tabla 1

Escala de Índice de Serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calidad
5 - 4	Muy Buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy Mala

Nota. Adaptado de Guía AASHTO.1957

2.2.6. **Rugosidad**

Según (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018) la rugosidad es un parámetro que permite la evaluación de las deformaciones verticales de las capas de la superficie de rodadura del pavimento. Expresada de manera clara mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

En la norma de ensayo ASTM E 867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems determina la idea de Roughness (rugosidad o regularidad) como: la desviación de una referida superficie con relación a una superficie plana teórica

que afectara la calidad de manejo (seguridad), dinámica del vehículo (calidad del rodado), fuerzas externas (cargas dinámicas – calidad), costos de operación del vehículo y drenaje, es decir el perfil longitudinal, perfil transversal.

2.2.6.1. Causas posibles de la rugosidad

Las deformaciones en la capa de rodamientos de los pavimentos existentes o nuevos se pueden originar por falta de mantenimiento, mal diseño (sección estructural), erratas realizadas en el proceso constructivo (materiales), ínfimo control de calidad al construirse, por estas razones se podría provocar las deformaciones.

2.2.6.2. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

La experiencia ha demostrado que se encuentra un cuantioso factor que afectan la rugosidad superficial, tal como:

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El número estructural.
- Presencia de terracerías inestables
- Las propiedades del concreto asfáltico utilizado: vacíos con aire, gravedad específica y el contenido de asfalto.
- Las características del medio ambiente: Temperatura promedio, precipitaciones pluviales (días de lluvia), índice de congelamiento, días con temperatura superior a 32°C.
- Propiedades de la base granular como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Propiedades de la sub rasante como el índice de plasticidad, contenido de humedad, contenido de limos y arcillas, y porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Extensión y severidad de las fallas en el pavimento.

2.2.7. Índice de rugosidad superficial (IRI)

De acuerdo (Badilla, 2012) En el decenio de los 70's, el Banco Mundial apporto el dinero necesario para el funcionamiento de un programa de investigación a gran escala, entre los cuales había un plan de acción con la calidad de vías y los costos a

los usuarios, en el cual se detectó que los datos de regularidad superficial de diversos sitios del mundo no se podían ser comparados ya que no eran confiables debido a equipos y métodos que se utilizaban en aquel tiempo. Con la finalidad de unificar los parámetros, se realizó en Brasil año 1982, el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE) proveído por Banco Mundial, con la participación de equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En el proyecto se efectuaron medidas controladas de rugosidad superficial de los pavimentos con diferentes condiciones y con un conjunto de instrumentos y métodos. De manera que al haber realizado el mencionado proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la rugosidad denominado rugosidad o regularidad internacional (IRI, International Roughness Index). De esta manera se define que el IRI es un modelo matemático que resume el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, el cual calcula mediante el movimiento en suspensión inducidos por la rugosidad del camino de un vehículo de pasajeros típico recorriendo la superficie a una velocidad de 80 km/h.

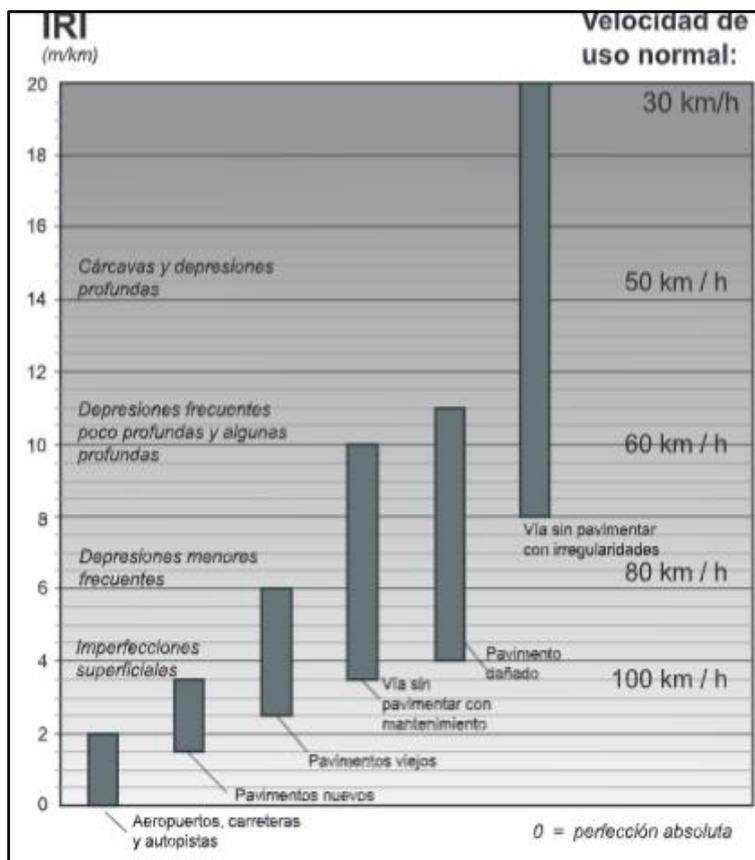
2.2.7.1. Escalas y características del iri

Al haber ocurrido el estudio por el Banco Mundial, se manifiesta con razón en proponer una escala de medición de la rugosidad superficial para diferentes tipos de pavimentos. El IRI tiene unidades de mm/m, m/km o in/mi.

En la figura 18 muestra que para calzadas pavimentadas, el rango de escala de 0 a 12 m/km, en que 0 representa una superficie excelentemente uniforme también el IRI a 12 m/km es una superficie intransitable. En cuanto a vías no pavimentadas el rango de escala se extiende hasta el valor de 20 m/km.

Figura 18

Cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías



Nota. Adaptado de *UMTRI Research Review*, Vol. 33, Número 1. enero-febrero 2002

2.2.8. Los Vehículos de Transporte Terrestre

2.2.8.1. Clasificación Vehicular

En la República del Perú Mediante Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15, se aprobó la Directiva N° 002-2006-MTC/15 - Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares, en la cual se estableció las categorías correspondientes a los vehículos que circulan por la Red vía nacional.

- Categoría L: vehículos automotores con menos de 4 ruedas.
- Categoría M: vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.
- Categoría N: vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías – cargas.
- Categoría N: remolque - incluidos los semirremolques.
- Combinaciones especiales

Dichas categorías tendrán una combinación especial y/o clase de codificación como: C1 = clase I, C2 = clase II y C3 = clase III.

En la Tablo 2 se muestra la categoría N elaborada específicamente para automotores de transporte de mercancías, al mismo tiempo, tiene una combinación especial como la N1, N2, N3, pero con distintas características específicas para los vehículos automotores por cada combinación.

Tabla 2

Clasificación Vehicular

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías

N1	Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.
N2	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.
N3	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Nota. Adaptado de *Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15 - Directiva N° 002-2006-MTC/15 - Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares* (p. 3,4,5)

2.2.8.2. Tipo de Carrocerías

En la Republica del Perú Mediante Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15, se aprobó la Directiva N° 002-2006-MTC/15 - Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares se especifica en la Tabla II: Tipo de carrocerías que de acuerdo a la clasificación vehicular se define el tipo de carrocería.

En lima, 13 de octubre del 2008 se publica la resolución directoral N.º 10476-2008-MTC/15 que modifica e incorporan tipos de carrocerías a las enumeradas en la directiva aprobada mediante R.D. N° 4848-2006-MTC/15 y modificada por lo R.D. N.º 5634-2006-MTC/15, que complementa la clasificación vehicular. La razón era la presencia de nuevas configuraciones vehiculares con tipos de carrocerías no especificadas en el sistema nacional de transporte terrestre (SNTT).

La Figura 19 nos muestra que se incorpora los tipos de carrocerías y complementara a la clasificación vehicular en la directiva N° 002-2006-MTC/15.

Figura 19

Artículo 2º

Artículo 2º.- Incorpórese los tipos de carrocerías Trimoto pasajeros, Trimoto Carga, Ómnibus Interurbano, Ómnibus Panorámico, Remolcador Grúa, Cargobus y Pick Up a la Tabla II: TIPOS DE CARROCERIAS, del numeral 4, de la Directiva N° 002-2006-MTC/15, aprobada por Resolución Directoral N° 4848-2006-MTC/15 y modificada por Resolución Directoral N° 5634-2006-MTC/15, las mismas que quedarán redactadas en los términos siguientes:

Nota. Adaptado de resolución directoral N.º 10476-2008-MTC/15.

La Tabla 3 muestra Tabla II: Tipo de carrocerías que de acuerdo a la clasificación vehicular se define el tipo de carrocería donde ya incorporo la carrocería pick up, asimismo, su categoría que podrá ser la N1 y N2 al lado su definición.

Tabla 3

Carrocería Pick Up en Tabla II: Tipo de carrocerías

Código	Carrocería	Categoría	Definición	Gráficos referenciales
Pup	Pick up	N1 N2	Vehículo destinado al transporte de mercancías, con carrocería de metal que sigue la línea y forma de la cabina, sin techo, que forma una caja rectangular, con compuerta posterior, puede tener una cubierta de protección en la zona de carga, instalado a nivel del borde de la carrocería. De contar con una adición a la carrocería que lo convierte en baranda, furgón, etc. Debe clasificar como tal	

Nota. Adaptado de resolución directoral N.º 10476-2008-MTC/15.

2.2.9. Sistema de suspensión

El sistema de suspensión es una parte de suma importancia en el proyecto de diseño de un vehículo como en vehículos 4x4 y camionetas off road. El sistema de suspensión está formado de manera principal de tres componentes: amortiguadores,

resortes y puntales; previene accidentes y daños en el vehículo, además, dispone un viaje suave con comodidad incluso en terrenos irregulares, amortigua los golpes que experimentan los neumáticos en el suelo, asegura la maniobrabilidad del vehículo pegadas al pavimento, sostiene el peso del vehículo.

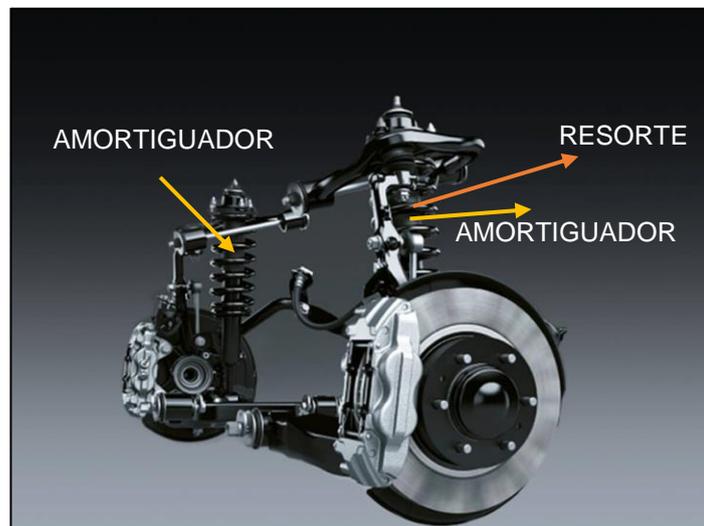
2.2.9.1. Amortiguador

Los amortiguadores son la seguridad activa del vehículo, controlan el rebote, protegen de golpes, vibraciones en los pasajeros como en todo el vehículo.

La Figura 20 muestra los amortiguadores que son tubos que se expanden y comprimen al mismo tiempo que el resorte, los amortiguadores están compuestos de cámaras llenas de gas o aceite comunicadas por pequeños orificios. Cuando el resorte se comprime y se expande para disipar la energía del golpe(movimiento), al mismo momento el fluido del amortiguador pasa de una cámara a otra lo que hace que absorba el rebote produciendo que el movimiento sea más lento hasta que desaparezca el rebote en el vehículo mejorando la adherencia a la vía.

Figura 20

Amortiguador



Nota. Adaptado de *Toyota Perú*, camioneta hilux, (<https://www.toyotaperu.com.pe/listado-modelos-toyota/camioneta-hilux>).

2.2.10. Neumáticos

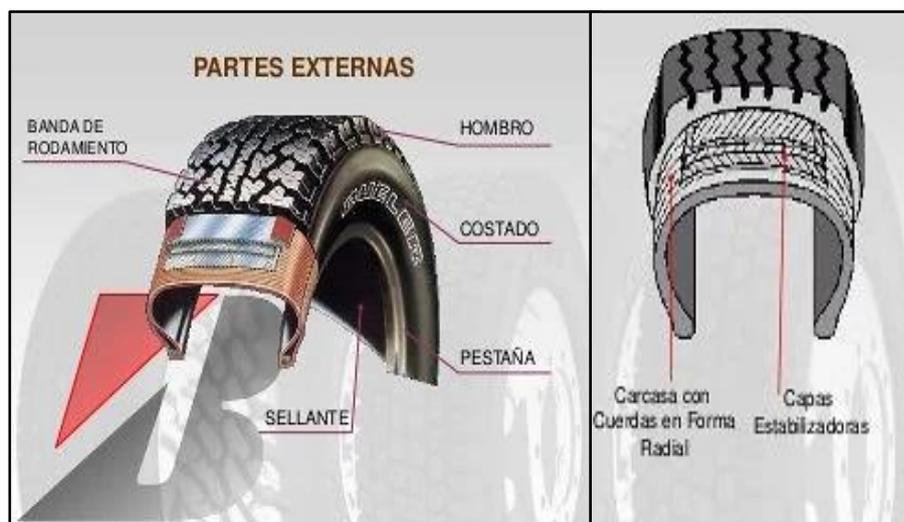
Los neumáticos establecen seguridad a personas (confort y dirigibilidad) y a la carga (capacidad de carga), también es un constituyente mecánico de la rueda de un

automóvil ya que va montado sobre el aro trabajando a presión de aire y/o para dar resistencia.

La Figura 21 nos indica que los neumáticos están fabricados fundamentalmente de caucho, productos químicos, hilos textiles y/o alambres adicionalmente de otras materias, sus partes principales son: banda de rodamiento, costado, hombro, sellante, carcasa y pestaña el componente mecánico de la rueda de un vehículo.

Figura 21

Partes externas de un neumático



Nota. Adaptado de Bridgestone Firestone Colombia

En el anexo III: requisitos técnicos vehiculares del MTC aprobado con decreto supremo N° 058-2003-MTC “Aprueban el reglamento Nacional de Vehículos”. Nos reglamente que los vehículos deben tener neumáticos de las dimensiones y características previstas por el fabricante del vehículo.

En la Tabla 4 muestra que en el sistema nacional de transporte terrestre todos los neumáticos de los vehículos en territorio peruano en las distintas categorías deben presentar una profundidad mínima exactamente en el lugar de ranuras principales que se encuentran ubicados en la zona central de la banda de rodamiento.

Tabla 4

Profundidad mínima en neumáticos

Categorías	Profundidad (mm)
L	0,8
M1, M2, N1, N2, O1, O2	1,6
M3, N3, O3, O4	2,0

Nota. Adaptado de decreto supremo N° 058-2003-MTC “Aprueban el reglamento Nacional de Vehículos” (p.66).

El nivel de desgaste de los neumáticos solo será usado hasta que queden unos 06 mm de cocada en la banda de rodamiento tomado como referencia La Directiva N.º 003-2009-MTC/14 “Mantenimiento y Operación de Equipo Mecánico de Propiedad del MTC” Aprobado por Resolución Directoral N.º 014-2009-MTC/14.

2.2.11. PSI

La razón del significado del PSI compete a su nombre en inglés Pound-force per Square Inch que en español es libras por pulgada cuadrada.

El PSI es la unidad de medida de la presión idónea de los neumáticos respecto al tipo de vehículo, carga, tipo de conducción ya que el único punto de contacto del vehículo con el pavimento son los neumáticos interviniendo en la seguridad del vehículo y nuestra economía.

2.2.11.1. Presión recomendada de neumáticos

Cada vehículo tiene una presión recomendada de los neumáticos, la cual ya está determinada por los fabricantes después de haber realizado cálculos y pruebas. En el manual de cada vehículo encontraremos la presión recomendada de los neumáticos además en la etiqueta de cada neumático.

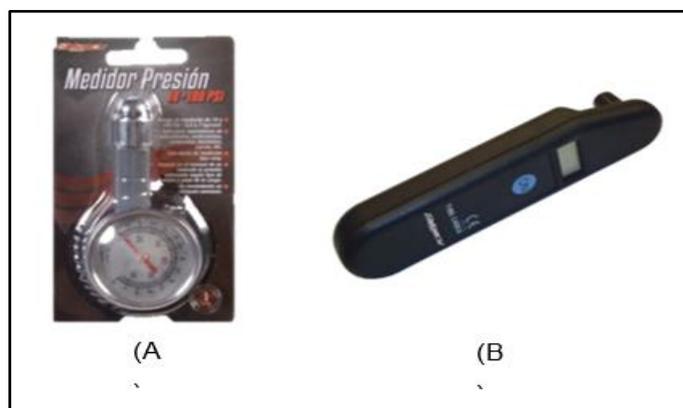
2.2.11.2. Cómo medir la presión de los neumáticos

La presión de los neumáticos se mide con un manómetro analógico y/o digital debiendo medirse con el automóvil parado y el motor apagado.

La Figura 22 muestra en (A) se aprecia el manómetro analógico, (B) manómetro digital.

Figura 22

Manómetro Analógico y Manómetro Digital



Nota. Tomado de Sodimac Homecenter
(<https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/>)

2.2.12. MERLIN equipo para rugosidad

Según (Del Águila, 1999). El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation) tomando como punto de partida el principio del perfilómetro estático, teniendo el propósito de tener un equipo de fácil manejo, bajo costo y un método de análisis sencillo con resultados que se pueden confiar. De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial el método de medición que utiliza el MERLIN, califica en la clase 1.

En el Perú se puso en uso el Merlin Equipo para Rugosidad desde el año 1993 por Pablo del Águila Rodríguez y habiendo efectuado hasta el año 1998 evaluaciones de rugosidad de más 100 proyectos de carreteras.

2.2.12.1. Metodología para la determinación de la rugosidad

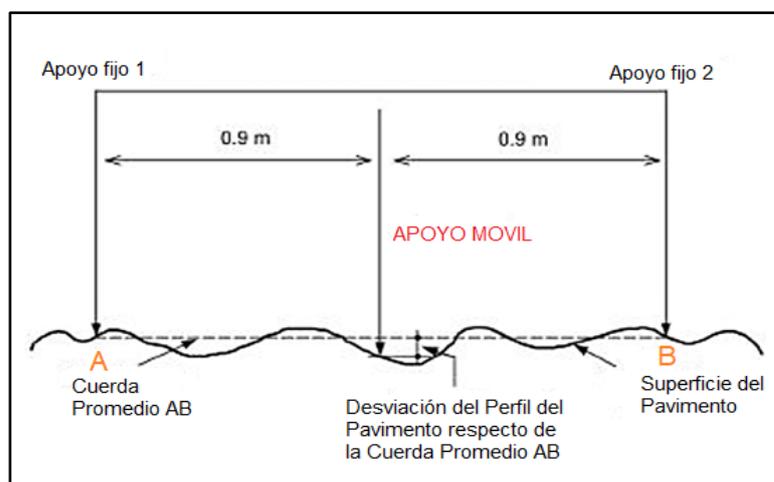
– Fundamento teórico

Para definir la rugosidad del pavimento, está formado por la desviación del perfil del pavimento respecto de la cuerda promedio.

En la Figura 23 se ilustra como el Merlin mide el trayecto vertical entre la superficie de la carretera y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es distinguido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”. El promedio de las cuerdas tendrá una longitud de 1,80 metros por ser la distancia que dispone mejores correspondencias de resultados. (Del Águila, 1999)

Figura 23

Desviaciones de la superficie del pavimento



Nota. Adaptado de Manual del Usuario Merliner TM – Merlin equipo para rugosidad, camineros S.A.C. (p.12).

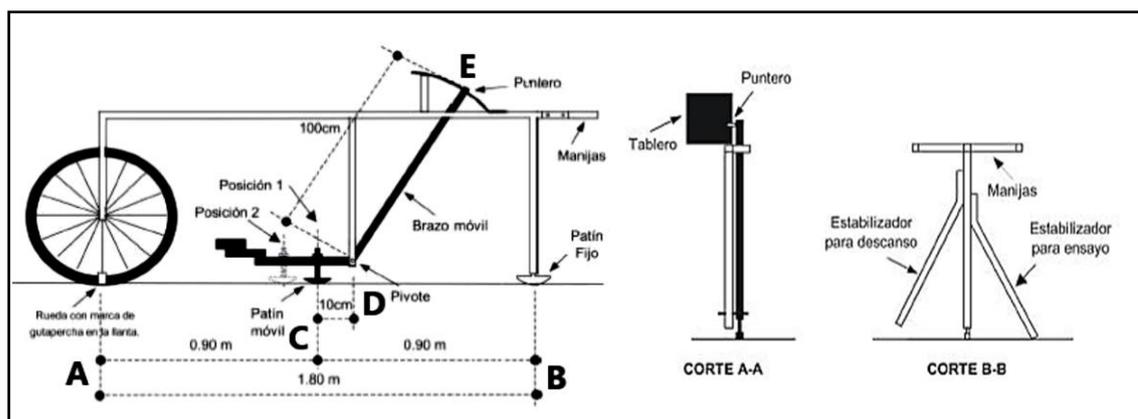
2.2.12.2.El rugosímetro MERLIN

El MERLIN es un equipo diseñado de forma sencilla sin complicaciones y dificultades. El MERLÍN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación con respecto a la cuerda promedio”.

La Figura 24 muestra el equipo Merlin está constituido de dos elementos verticales y uno horizontal de acero. Para poder realizar el desplazamiento y ejecución, el elemento vertical constituido por una rueda en la parte delantera, en el lado trasero junto al segundo elemento horizontal está unido lateralmente dos estabilizadores inclinados en el lado derecho cumple la función de fijar el equipo Merlin con el suelo en la realización del ensayo, lado izquierdo cumple la función de descanso del equipo Merlin (CORTE B-B) además, está conformado con dos manijas que posibilita levantar y movilizar el equipo Merlin realizando el rodamiento sobre la rueda (CORTE B-B). Al rededor de la parte central del elemento horizontal se proyecta una barra vertical hacia abajo sin chocar al piso, en cuyo extremo inferior oscila un brazo móvil y un patín móvil empernado y ajustable en el extremo inferior del brazo móvil cumpliendo la función de adecuarse a las fallas del terreno que a la vez en el extremo superior del brazo móvil se ubica un puntero que se desliza sobre el borde de un tablero (CORTE A-A) de acuerdo a la posición que adopta el patín móvil al hacer contacto con el pavimento.

Figura 24

Detalles ilustrativos del Rugosímetro Equipo Merlin



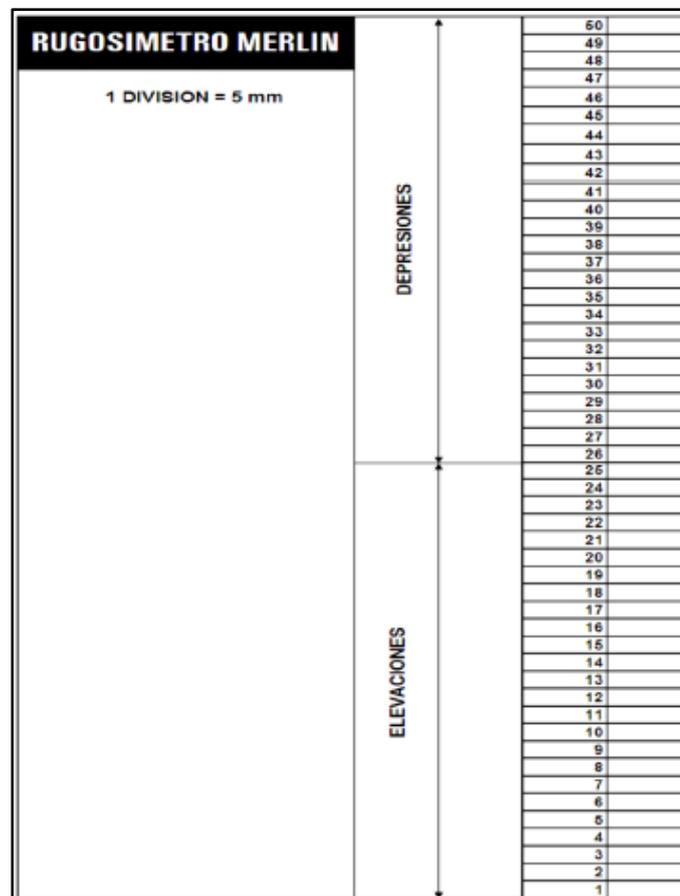
Nota Adaptado de Manual del Usuario Merliner TM – Merlin equipo para rugosidad, camineros S.A.C. (p.13).

El equipo MERLÍN tiene una distancia total de 1,80 m., cual se apoya en la superficie del camino cuya rugosidad será medida a lo largo de la wheeltrack (marca hecha por las ruedas).

La Figura 25 muestra que, para realizar el registro de los movimientos del puntero, se tendrá que utilizar una escala gráfica con 50 divisiones, constituida con un espesor de 5 mm cada división, que va a estar unida al borde del tablero sobre cual se deslizará el puntero de acuerdo al realizar el contacto con el pavimento el patín móvil. (Del Águila, 1999)

Figura 25

Tablero con escala grafica



Nota. Adaptado de Manual del Usuario Merliner TM – Merlin equipo para rugosidad, camineros S.A.C.

La Figura 26 muestra que mediante a las lecturas que adopte el puntero estarán entre 1 y 50, por lo que se anotará en un formato elaborado en cuadrícula compuesto por 20 filas y 10 columnas para 200 desviaciones de forma consecutiva a lo largo de la vía considerando un intervalo constante entre cada medición. Conviene subrayar que

siempre se debe comenzar la anotación de las lecturas desde el casillero (1,1) ya que lo datos se llenaran de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. (Del Águila, 1999).

Figura 26

Formato para la recolección de datos de campo

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO										
HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN										
Tesis: FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021										
UBICACIÓN :		N° DE ENSAYO :								
MUESTRA :		SECTOR :								
FECHA :		CARRIL :								
LECTURA EN CAMPO - MERLÍN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
TIPO DE PAVIMENTO:										
AFIRMADO <input type="checkbox"/>										
BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>										
BASE IMPRIMIDA <input type="checkbox"/>										
TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>										
CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/>										
CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>										
RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>										
SELO <input type="checkbox"/>										
OTROS <input type="checkbox"/>										

2.2.13. Método para el cálculo de la rugosidad

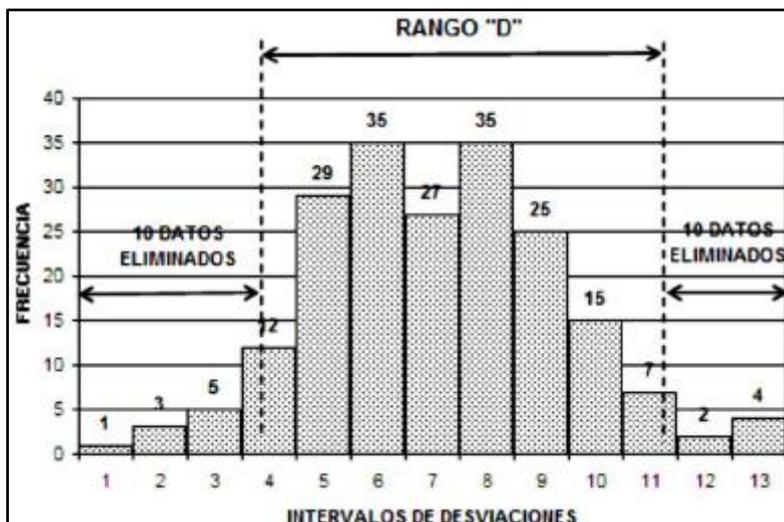
2.2.13.1. Cálculo del rango "D"

Al tener los datos obtenidos con el Equipo Merlin, comenzamos a tabular la cantidad de desviaciones adoptados por el puntero del equipo Merlin de una vía realizando.

La Figura 27 se observa el histograma de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva, el histograma de frecuencia (cantidad de números reiterados) vs. Intervalos de desviaciones que al haber realizado la tabulación se realiza el descarte del 10% de datos pocos representativos es decir 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. (Del Águila, 1999).

Figura 27

Histograma de distribución de frecuencias



Nota. Adaptado de *Manual del Usuario Merliner TM – Merlin equipo para rugosidad*, camineros S.A.C. (p.12).

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “Rango D” en unidades en milímetros de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. Por ejemplo, en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1, 2 y 3, y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia, resulta una unidad fraccionada igual a $11/12=0,92$. Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $3/7=0,43$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $0,92+6+0,43 = 7,35$ unidades. (Del Águila, 1999)

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cual se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros. Rango D = $7,35 \times 5\text{mm} = 36,75\text{mm}$. (Del Águila, 1999)

La ecuación 1, permite calcular el cálculo del rango “D” (mm) pero antes se tendrá un histograma de la distribución de frecuencias. Donde:

IZQ. = Descarte de datos pocos representativos es decir 5% (10 datos). (referido a la ecuación 1).

CENTRO = Rango D (referido a la ecuación 1).

DCH. = Descarte de datos pocos representativos es decir 5% (10 datos) (referido a la ecuación 1).

5 mm = Espesor de cada una de las 50 divisiones de la escala grafica del tablero (referido a la ecuación 1).

$$D = (IZQ. + CENTRO + DCH.) \times 5 \text{ mm} \quad (1)$$

2.2.13.2. Factor de corrección para el ajuste de “D”

La ecuación 2, permite calcular el factor de corrección para el ajuste de “D”. Donde:

EP = Espesor de la pastilla (referido a la ecuación 2).

LI = Posición inicial del puntero (referido a la ecuación 2).

LF = Posición final del puntero (referido a la ecuación 2).

$$F.C. = \frac{EP \times 10}{(LI - LF) \times 5} \quad (2)$$

2.2.13.3. Cálculo del rango “D” corregido

La ecuación 3, permite calcular el rango “D” corregido. Donde:

D = Rango D (referido a la ecuación 3).

F.C. = Factor de corrección (referido a la ecuación 3).

$$D_c = D \times F.C. \quad (3)$$

2.2.13.4. Cálculo de IRI (m/km)

La ecuación 4, permite el Cálculo de IRI (m/km) para pavimentos: recapiados, tratamiento superficial, parchados. Se utiliza la ecuación (4). Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, donde: *D_c* = Cálculo del rango “D” corregido (referido a la ecuación 4).

$$IRI = 0,593 + 0,0471 \times D_c \quad (4)$$

La ecuación 5, permite el Cálculo de IRI (m/km) para pavimentos nuevos. Se utiliza la ecuación (5). Cuando $IRI < 2.4$, entonces: *D_c* = Cálculo del Rango “D” Corregido. (referido a la ecuación 5).

$$IRI = 0,0485 \times D \quad (5)$$

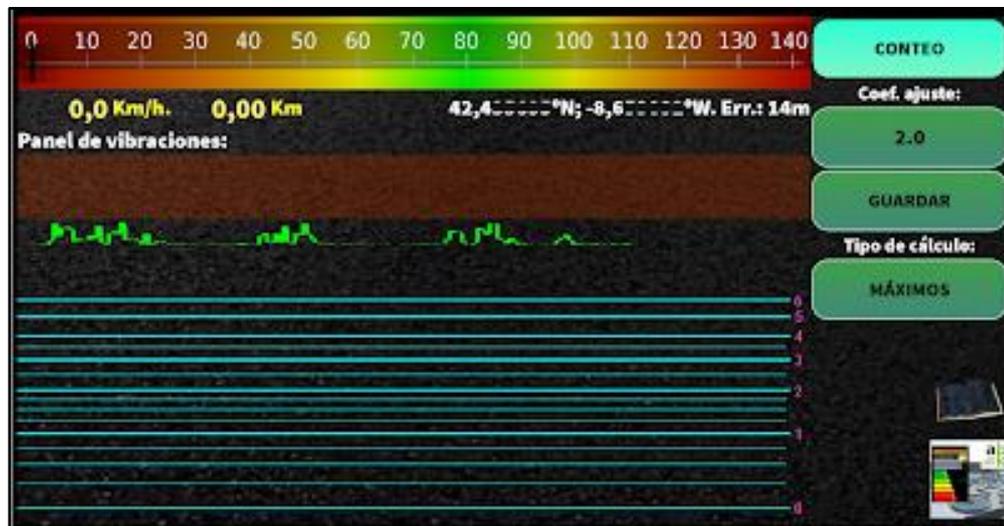
2.2.14. Aplicativo ABAKAL IRI

Abakal Ingenieros Consultores creada en 2004 con sedes en Madrid, Valencia, A coruña, ha creado un programa móvil llamado ABAKAL IRI, donde permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS del Android realizando gráficas e informe del valor IRI cada 100 metros, igualmente permite su calibración.

La Figura 28 muestra el aplicativo Móvil ABAKAL IRI, se aprecia en la parte superior el velocímetro que va de 0 a 140 km/h, también un panel de vibraciones, de igual manera, los botones de conteo, coeficiente de ajuste, tipo de cálculo.

Figura 28

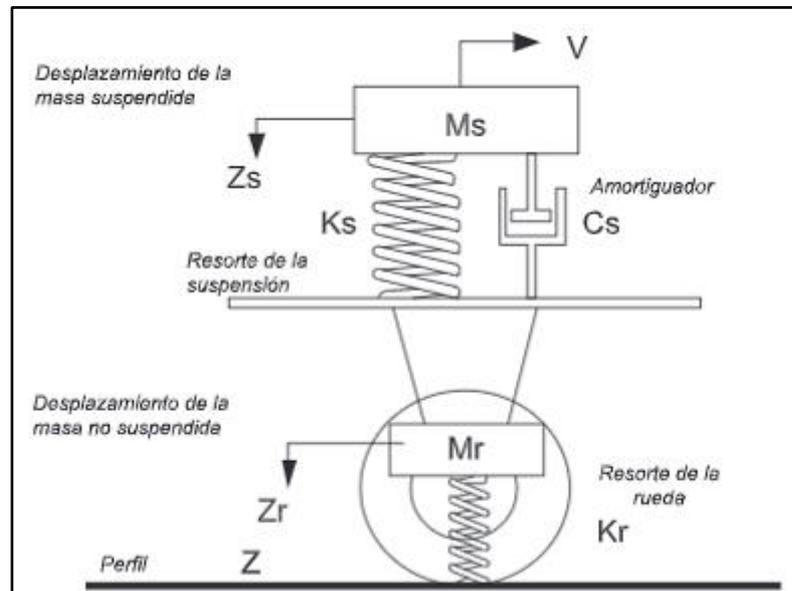
Aplicativo Móvil ABAKAL IRI



Nota. Adaptado del Manual IRI Android.2018.

Por lo que se refiere al aplicativo ABAKAL IRI toma como referencia el modelo del cuarto de carro denominado el “carro de oro”

En la Figura 29 muestra que el modelo de cuarto de carro (eje posterior) se le aplica dos filtros: Simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera, igualmente, la velocidad de desplazamiento a 80 km/h. El modelo de cuarto de carro se considera el neumático posterior que tiene un diagrama o diseño conformado por amortiguadores, muelles, la base del movimiento, masa del vehículo.

Figura 29*Modelo del Cuarto de Carro*

Nota. Adaptado De Solminihac, H. Presentación Power Point. Planificación y Gestión Vial.2006

De acuerdo a (Badilla, 2009) Esto nos lleva a realizar un registro asociado a la vía basándose en los desplazamientos verticales provocado a un vehículo estándar, el cual es modelado de forma simplificada de un conjunto de masas enlazadas entre si con la superficie de la carretera por medio de resortes y amortiguadores. El movimiento sobre el perfil del pavimento producirá desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas, que nos llevará a comprobar los movimientos verticales irregulares no deseados de la vía.

De acuerdo a (Badilla, 2009) El modelo de Cuarto de carro, la simulación consta de una masa "amortiguada o suspendida" (masa de un cuarto de carro ideal) conectada a una masa "no amortiguada" (eje y neumático), a través de un resorte y un amortiguador lineal (suspensión), y por último el neumático es representado por otro resorte lineal. Como Resultado el movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida, se calcula y acumula. El valor en m/km (metros acumulados por kilómetro viajado) es la medida final de la regularidad del camino

2.2.14.1. Velocidad de ensayo

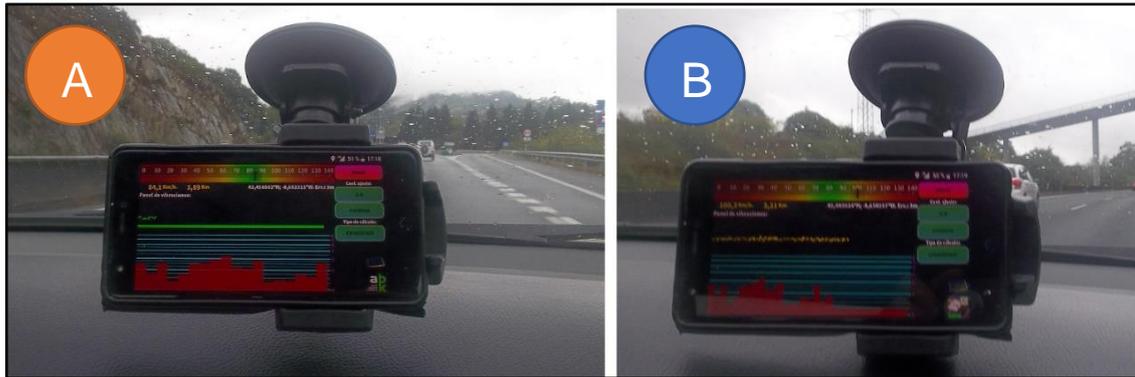
Al realizar el ensayo la velocidad deber ser lo más constante posible y centrada en los 80 km/h, por lo que el velocímetro marcara en verde al llegar a la velocidad 80 km/h.

2.2.14.2. Colocación del teléfono

En la Figura 30 muestra el teléfono se puede colocar en: A. se podría colocar suspendido del parabrisas o igualmente B. apoyado en el tablero situado delante del asiento del conductor y del copiloto (salpicadero)

Figura 30

Ubicación del teléfono en el vehículo



Nota. Adaptado del Manual IRI Android.2018

2.2.14.3. Tipos de cálculo

Está fijado con exactitud dos métodos de cálculo diferentes, como son el método estadístico y por el método de máximos.

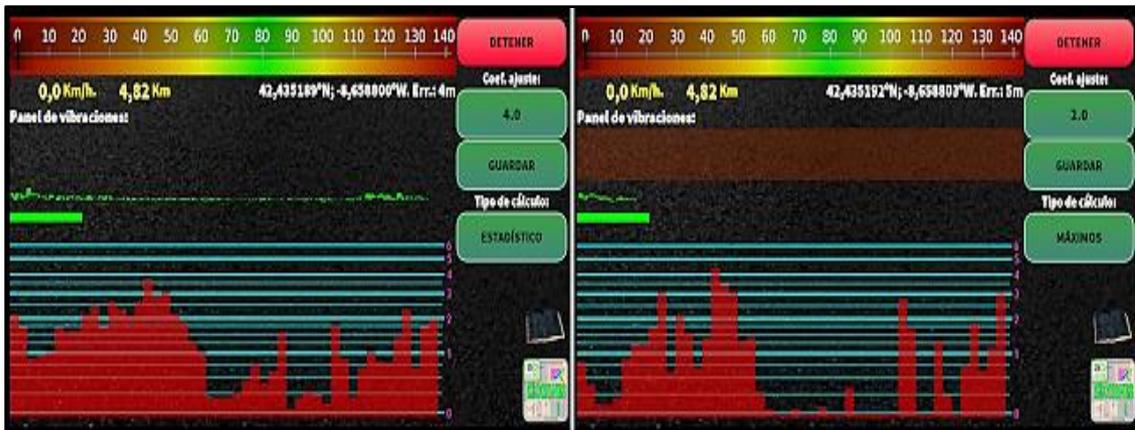
El método estadístico deriva de la ponderación relativa de primer y segundo orden de la vibración transmitida por el vehículo al dispositivo. El coeficiente de ajuste mejora (o minora) dicha ponderación.

EL método por máximos establece unos valores límite, por eso los cuales pondera el ensayo. Bajar el límite equivale a mayorar el ensayo. Por eso el coeficiente de ajuste es inverso a la ponderación del ensayo.

En la Figura 31 muestra que no se puede establecer el mejor sistema que se podrá adapte al tándem vehículo-smartphone, de manera que, es necesario comparar los resultados con otro IRI externo realizado por el método tradicional y elegir el mejor en cada caso como el método estadístico y método por máximos. Si se cambia de vehículo o de smartphone hay que repetir estas operaciones. Cuando se está realizando el ensayo, se ira dibujando una gráfica inferior con la escala vertical de tipo logarítmica parecida a un histograma de frecuencias.

Figura 31

Métodos de Cálculos



Nota. Comparación entre estos dos métodos. Adaptado del *Manual IRI Android.2018*

2.2.14.4. Generación de informe

Al haber realizado la configuración de los datos tales como los coeficientes de ajustes y el tipo de cálculos, todo ello se guardará automáticamente.

La Figura 32 muestra que para culminar el ensayo solo se realizará el guardado cuando presionemos el botón **guardar**.

Figura 32

Guardado al culminar el ensayo



Nota. Adaptado del *Manual IRI Android.2018*.

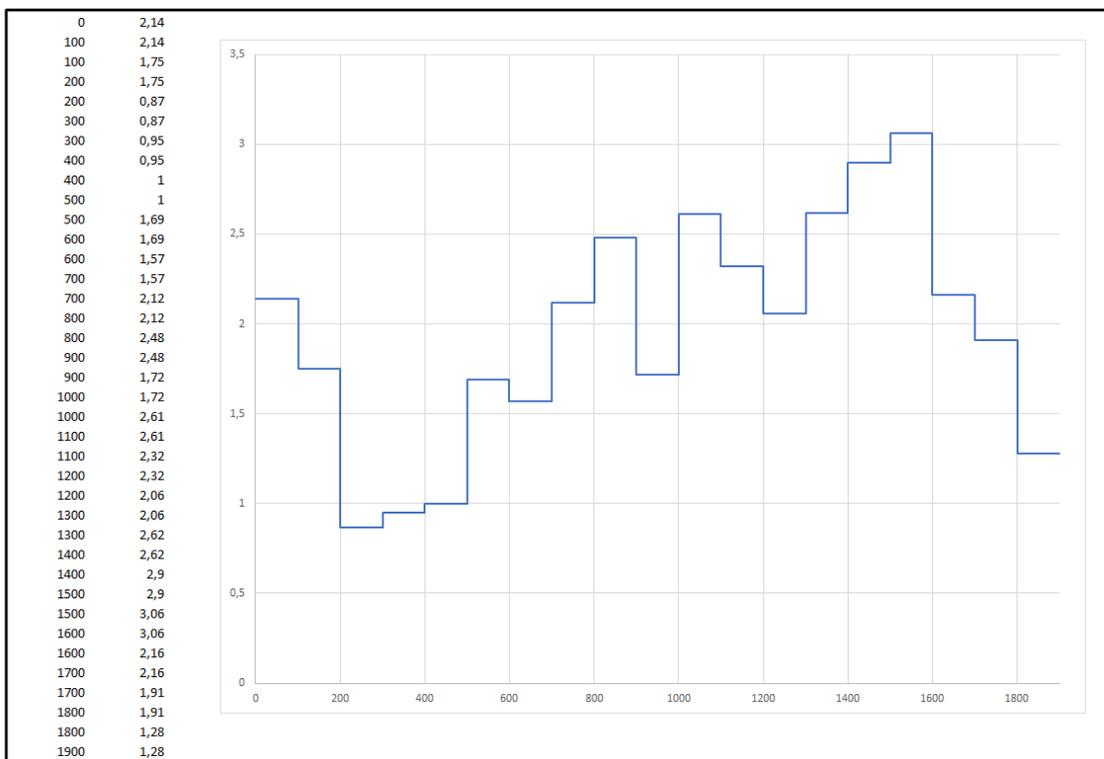
Al haber presionado el botón “guardar” se generará automáticamente una carpeta con tres tipos de archivos, los cuales son guardados en el directorio con el nombre `/storage/emulated/0/Abakal/IRI`; los tres archivos creados son los siguientes:

- El archivo informe IRI.csv, se puede abrir como una hoja de cálculo obtenida, es importante porque se mostrará una gráfica.
- El archivo informe IRI2.csv, es más una tabla de control que serán objeto de utilización, consulta y acceso por parte de las personas.
- El archivo informe IRI.kml, donde se podrá abrir en Google Earth.

La Figura 33 muestra una hoja de cálculo donde se visualiza la distancia de 0 a 1900 metros cada 100 metros y a su costado el valor de IRI obtenido, de igual importancia, se dibuja un diagrama donde se grafica los valores de IRI cada 100 metros.

Figura 33

Informe IRI.csv



Nota. Adaptado del Manual IRI Android.2018

La figura 34 muestra una tabla donde se visualiza la latitud, longitud, altitud, velocidad, desplazamiento, valor IRI.

Figura 34

Informe IRI2.csv – tabla de control

Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
42,453633	-8,677348	110	75,35	0	2,14
42,454028	-8,676213	108	75,82	100	1,75
42,454396	-8,675086	114	72	200	0,87
42,454814	-8,673987	119	73,3	300	0,95
42,455341	-8,672945	124	76,32	400	1
42,456012	-8,671988	129	80,24	500	1,69
42,456741	-8,671048	137	78,12	600	1,57
42,457411	-8,670161	142	71,78	700	1,59
42,458005	-8,66923	146	73,55	800	2,12

Nota. Adaptado del Manual IRI Android.2018

La Figura 35 en el informe IRI.kml se visualizará el recorrido realizado al hacer uso del aplicativo Móvil Abakal IRI donde se podrá abrir en Google Earth.

Figura 35

Informe IRI.kml - Google Earth



Nota. Adaptado del Manual IRI Android.2018.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Carreteras

Es una superficie para el tránsito por donde se transita vehículos de por lo menos 2 ejes que contienen un motor adecuado, teniendo que poseer características geométricas. (MTC, 2018)

2.3.2. ABAKAL IRI

Aplicativo usado en dispositivos móviles inteligentes de manera gratuito con su sistema operativo Android, calcula el IRI con los sensores de vibración y el GPS del Android en el momento.

2.3.3. Rugosidad

Es un parámetro que permite la evaluación de las deformaciones verticales de las capas de la superficie de rodadura del pavimento. (MTC, 2018).

2.3.4. IRI

Es un modelo matemático que resume el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, el cual calcula mediante el movimiento en suspensión inducidos por la rugosidad del camino de un vehículo de pasajeros típico recorriendo la superficie a una velocidad de 80 km/h. (Badilla, 2012)

2.3.5. Rugosímetro Merlin

Instrumento diseñado específicamente para la medición de la rugosidad del pavimento, siendo una variación del perfilómetro estático. (Gonzalo & Beingolea, 2021)

2.3.6. Pavimento Flexible

Cuando se dice pavimento flexible corresponde a la forma de transmisión de las cargas desde la capa de rodamiento hasta la subrasante. Mientras que el asfalto actúa como un transmisor de las cargas vehiculares, pero no absorbe las cargas

2.3.7. Neumático

Establecen seguridad a personas (confort y dirigibilidad) y a la carga (capacidad de carga), es un constituyente mecánico de la rueda de un automóvil.

2.3.8. PSI

es la unidad de medida de la presión idónea de los neumáticos respecto al tipo de vehículo, carga, tipo de conducción.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

3.1.1. *Tipo de investigación*

El tipo de investigación es aplicada - cuantitativa, aplicada porque busca la aplicación de conocimientos teóricos convirtiendo en conocimiento prácticos para solucionar un determinado problema, permitiendo lograr un objetivo determinado y mejorando las condiciones de vida transformando dichos conocimientos en tecnología y/o invenciones teniendo una planeación, ejecución y comunicación de resultados. Cuantitativa, porque vamos a cuantificar datos numéricos mediante la medición de la irregularidad superficial con ciertas reglas como son los métodos Rugosímetro Merlin y aplicativo ABAKAL IRI comparando los resultados, igualmente buscar su relaciones o diferencias y básicamente que significa esas relaciones o que tanto significa esas diferencias.

3.1.2. *Diseño de investigación*

El diseño de investigación se enmarca en un diseño no experimental longitudinal, ya que podremos utilizar un tiempo más prologando para obtener los datos numéricos sin la manipulación de las variables, realizando en esta investigación un estudio tal como se da en un contexto natural dando respuesta a interrogantes formuladas, aplicando estrategias de investigación como documentos (trabajos previos publicados; documentos impresos, audiovisuales y/o digital) e investigación de campo.

3.1.3. *Nivel de investigación*

El nivel de investigación será explicativo, vamos a evidenciar, demostrar un fenómeno social en una circunstancia temporal y geográfica en la carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000: 2 kilómetros donde vamos a estimar parámetros con datos numéricos obtenidas en campo, describiendo promedios con intervalos de confianza, diagramas y gráficos.

3.2. Acciones y actividades

Las acciones y actividades utilizadas para la obtención de información fueron el uso de dos teléfonos inteligentes (smartphone) como son el Huawei P30 de **gama alta** y el Samsung Galaxy A10s de **gama baja** haciendo el uso del aplicativo móvil ABAKAL IRI para medir la Rugosidad del pavimento, seguidamente para la recolección de datos con el aplicativo móvil ABAKAL IRI se hizo uso de camionetas PICK UP del año 2021 y 2014 para analizar los diferentes posibles valores IRI, también se variaron la carga viva que soporta las camionetas PICK UP en el momento de la toma de datos, de la misma forma se realizó cambio de presión en los neumáticos de 35 PSI y 25 PSI en cada PICK UP y todo lo planteado hasta hora se realizó a una velocidad constante a 80km/h. Estos tipos de pruebas se realizaron con el fin de obtener distintos valores (lecturas) del aplicativo frente a distintos factores o situaciones. De igual manera se aplicó la técnica del cálculo de rugosidad internacional con el uso del rugosímetro Equipo MERLIN debemos estacionarnos en la huella exterior del tránsito de los vehículos, realizamos el ensayo tomando como referencia la circunferencia de la rueda es decir acabo de una vuelta que es aproximadamente 2 metros, seguidamente reposara el equipo Merlin y anotamos en un formato la lectura que adopte el puntero que estará entre 1 al 50, llenamos el formato de recolección de datos de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha así sucesivamente realizamos la toma de las lecturas a una velocidad promedio de 2 km/h todo aquello realizado en la carretera PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000: 2 kilómetros.

Al haber culminado el trabajo de campo se procede con el trabajo en gabinete para realizar el procesamiento de datos y los cálculos para determinar los valores de la rugosidad obtenidos por el aplicativo ABAKAL IRI y el Rugosímetro de MERLIN, una vez conocido los resultados de la rugosidad internacional de ambas metodologías realizamos una comparación de similitud.

3.3. Materiales y/o instrumentos

3.3.1. Instrumentos

La figura 36 muestra el Equipo Merlin para rugosidad modelo TCP-065 con características técnicas:

- Relación de palanca: 1:10
- Longitud brazo móvil: 1000 mm
- Distancia entre puntos de apoyo fijos: 900 mm

- N° de serie: 703
- Material: Acero
- Fabricado: Tecnicas CP S.A.C.
- Propiedad: IngeServicios

Figura 36

Equipo Merlin para rugosidad modelo TCP-065



La figura 37 muestra el Smartphone Huawei P30 (gama alta) con características técnicas:

- GPS: Si
- Dimensiones: 149,1 mm x 71,36 mm x 7,57 mm
- Peso: 165 gr.
- Pantalla interna: 2340 x 1080, tamaño: 6,1"
- Redes: 2G,3G,4G
- Software y Hardware: Memoria RAM: 6 GB, Procesador: 2 x 2,6 GHz + 2 x 1,92 GHz + 4 x 1,8 GHz, 8 núcleos; Sistema Operativo: Si; versión: Android 9.

Figura 37

*Smartphone Huawei P30
(gama alta)*



Nota. Imagen extraída de Google

En la figura 38 muestra el smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja) con características técnicas:

- GPS: Si
- Dimensiones: 155,6 mm x 75,6 mm x 7,9 mm
- Peso 168 gr.
- Pantalla interna: 1520 x 720, tamaño: 6,2"
- Redes: 2G,3G,4G
- Software y Hardware: Memoria RAM: 2 GB, Procesador: 4 x 2,0 GHz + 4 x 1,5 GHz, 8 núcleos; Sistema Operativo: Android; versión: 9

Figura 38

*Smartphone Samsung Galaxy
A10s (gama baja)*



En la Figura 39 muestra el vehículo marca Toyota 2021 con los siguientes datos del vehículo:

- Modelo: Hilux
- Carrocería: PICK UP
- Form. Rod.: 4x4
- Combustible: Diesel
- Dimensiones: 5,325 m x 1,815 m. x 1,855 m.
- P. Bruto: 2,910
- P. Neto: 2,147
- Carga útil: 0,763
- Año de Fab.: 2021
- Año modelo: 2022

Figura 39

Vehículo Marca Toyota 2021



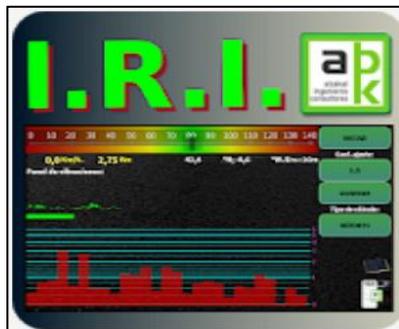
En la Figura 40 muestra el vehículo marca Toyota 2014 con los siguientes datos del vehículo:

- Modelo: Hilux
- Carrocería: PICK UP
- Form. Rod.: 4x4
- Combustible: Diesel
- Dimensiones: 5,260 m x 1,860 m. x 1,830 m.
- P. Bruto: 2,705
- P. Neto: 1,902
- Carga útil: 0,803
- Año de Fab.: 2014
- Año modelo: 2015

Figura 40*Vehículo Marca Toyota 2014**Nota. Imagen extraída de Google*

La Figura 41 muestra el aplicativo móvil ABAKAL IRI, tal como los datos consignados:

- Fabricado: ABAKAL, Ingenieros Consultores S.L.
- Propiedad: ABAKAL, Ingenieros Consultores S.L.
- Ubicación de origen: Madrid, España
- Última actualización: 2019

Figura 41*Aplicativo móvil ABAKAL IRI**Nota. Imagen extraída de Google*

La figura 42 muestra el Manómetro digital marca Calgary, se utiliza para medir la presión de los neumáticos.

Figura 42

Manómetro Digital



Nota. Tomado de Sodimac Homecenter

[\(https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/\)](https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/)

La Figura 43 muestra el porta celular para Automóviles: Es un soporte para celulares, cumple la función en mantener el teléfono móvil en una posición estable.

Figura 43

Porta celular para automóviles



Nota. Imagen extraída de Google

Herramientas y materiales:

La Figura 44 muestra la Wincha métrica de marca Stanley, distancia de 5 metros.

Figura 44

Wincha métrica de 5 metros



Nota. Imagen extraída de Google

La Figura 45 muestran los conos de seguridad vial, constituido de plástico de color rojo, usado en carreteras para realizar el desvío temporal del tráfico vehicular en obras viales o accidentes automovilísticos delimitando el área de trabajo, y es un elemento de seguridad para las personas que trabajaron en la investigación.

Figura 45

Conos de seguridad vial



Nota. Imagen extraída de Google

3.4. Población y/o muestra de estudio

3.4.1. Población

La población para la investigación es la carretera nacional pavimentada PE-1SD - La costanera. Esta vía recorre la costa de los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna, es decir la ciudad Camaná, Quilca, Matarani, Mollendo, Punta de Bombón, Ilo, hasta alejarse de la costa y terminando en la ciudad de Tacna, considerado un importante eje vial que genera beneficios a ciudades y centros poblados ubicadas en la ruta, ahorrando tiempo de viaje, gastos de operación en transportistas y la expansión del mercado para los productores de las diferentes zonas incluido hacia el norte del País.

3.4.2. Muestra

La muestra de estudio es la Carretera Nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) km 5+000 AL km 7+000 que consisten en dos carriles de 7,20 m. de ancho y una longitud de 2 kilómetros.

3.5. Operacionalización de variables

La Tabla 5 muestra la operacionalización de variables de la presente tesis.

Tabla 5

Operacionalización de variables de investigación

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Variable Independiente Factores que influyen en las lecturas del aplicativo móvil Abakal IRI.	Permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS del Android realizando graficas e informe del valor IRI cada 100 metros.	Tipo de carrocería, amortiguador, neumático, presión de neumáticos, carga.	<ul style="list-style-type: none"> Vehículos del año 2021 y vehículos del año 2014. Smartphone de gama alta y Smartphone de gama baja. Variación de la carga viva que soporta el vehículo en el momento de la toma de datos. Presión de neumáticos de 35 PSI y 25 PSI. 	Bueno $0 < IRI \leq 2,8$ Regular $2,8 < IRI \leq 4,0$ Malo $4,0 < IRI \leq 5,0$ Muy Malo $5 < IRI$	En campo. - Se realizó con método tradicional Merlin equipo para Rugosidad, para la recolección de datos con el aplicativo móvil ABAKAL IRI se utilizó camionetas PICK UP del año 2021 y 2014 para analizar los diferentes posibles valores IRI, variando la carga viva, uso de dos distintos Smartphones (gama baja y gama alta), presión en las llantas de 35 PSI y 25 PSI, velocidad constante a 80km/h. Instrumentos: Equipo Merlin para rugosidad modelo TCP – 065, Smartphone Huawei P30 (gama alta), Smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja), Vehículo Marca Toyota 2021, Vehículo Marca Toyota 2014, Aplicativo móvil ABAKAL IRI, Manómetro digital marca Calgary, Porta celular para Automóviles.
Variable Dependiente Determinar la rugosidad del pavimento flexible.	La rugosidad permite la evaluación de las deformaciones verticales de las capas de la superficie de rodadura del pavimento.	Falta de mantenimiento, niveles de tráfico vehicular, Espesores del pavimento, características del medio ambiente, extensión y severidad de las fallas en el pavimento, sección estructural.	Aplicativo móvil abakal IRI <ul style="list-style-type: none"> Valor del IRI (m/km) Velocidad (km/h) Desplazamiento (m.) IRI (m/km) Merlín equipo para Rugosidad <ul style="list-style-type: none"> Valor del IRI (m/km) Cálculo del Rango D (mm.) Factor de corrección (m.) IRI (m/km) 		

3.6. Procesamiento y análisis de datos

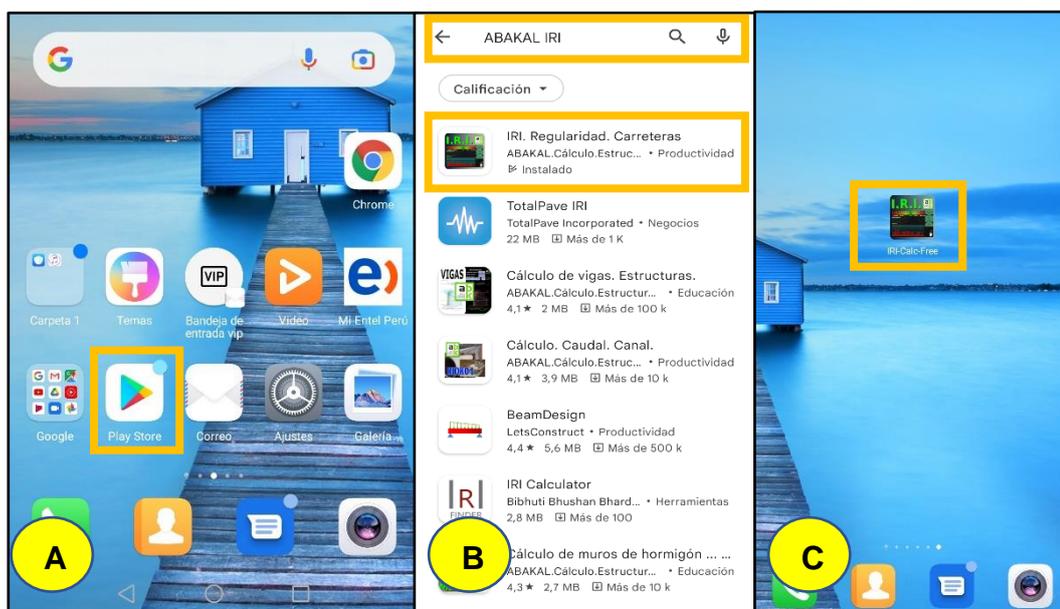
3.6.1. Procedimiento de ensayo aplicativo ABAKAL IRI

3.6.1.1. Ensayo 01

La Figura 46 muestra que en el ensayo 01 se comenzó con la instalación del aplicativo ABAKAL IRI en el celular smartphone Huawei P30 y celular smartphone Samsung Galaxy A10s, nos dirigimos A) Al icono de Google Play B) donde indica buscar apps y juegos escribimos “ABAKAL IRI”, seleccionamos “IRI.Regularidad. Carreteras” y elegimos “instalar” C) Automáticamente se realizará la descarga creando un icono “IRI- Calc-Free” en la pantalla del smartphone.

Figura 46

Instalación del Aplicativo ABAKAL IRI en Smartphone Android



La planificación es principal antes de realizar la toma de datos en campo, debido a que se deberá mantener una velocidad constante de 80 km/h de las camionetas PICK UP. Por lo que, se determina realizar la toma de datos en dos días diferentes, ejecutando el primer ensayo (camioneta PICK UP - 2021) en hora aproximada 9:30 a.m. del día sábado 19 de marzo de 2022, el segundo ensayo se efectuó en hora aproximada 9:40 a.m. del día sábado 26 de marzo de 2022 (camioneta PICK UP - 2014), llevándose a cabo ambos ensayos en la Carretera Nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000.

La Figura 47 muestra que con el uso del vehículo marca Toyota, modelo hilux, Carrocería pick up y año de fabricación 2021, primero medimos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 35 psi, segundo, colocamos una carga útil de 300 kilogramos adicionalmente consideraremos el peso de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos.

Figura 47

Cuatro neumáticos a 35 psi, carga 300 kilogramos



La Figura 48 muestra que tenemos que tener activado los datos móviles y la ubicación GPS en el celular smartphone Huawei P30 (Gama Alta) para poder realizar la primera combinación y obtener los resultados con el aplicativo móvil ABAKAL IRI,

segundo, colocamos el celular con el apoyo del porta celular para automóviles suspendido del parabrisas.

Figura 48

Activación de datos móviles y ubicación GPS



Instalado el celular smartphone Huawei P30 (Gama Alta), se realizó el trayecto de prueba (ida y vuelta) para definir el coeficiente de ajuste; concluyendo que se trabajara los ensayos con el tipo de cálculo estadístico.

La Figura 49 nos guía que iniciamos el ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000 para la combinación 1 – N° de viaje 1, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

Figura 49

Inicio de ensayo con smartphone Huawei P30 (Gama Alta).



La Figura 50 nos muestra el punto de partida, así mismo, punto final de la combinación 1 – N° de viaje 1 realizado con el celular smartphone Huawei P30 (Gama Alta).

Figura 50

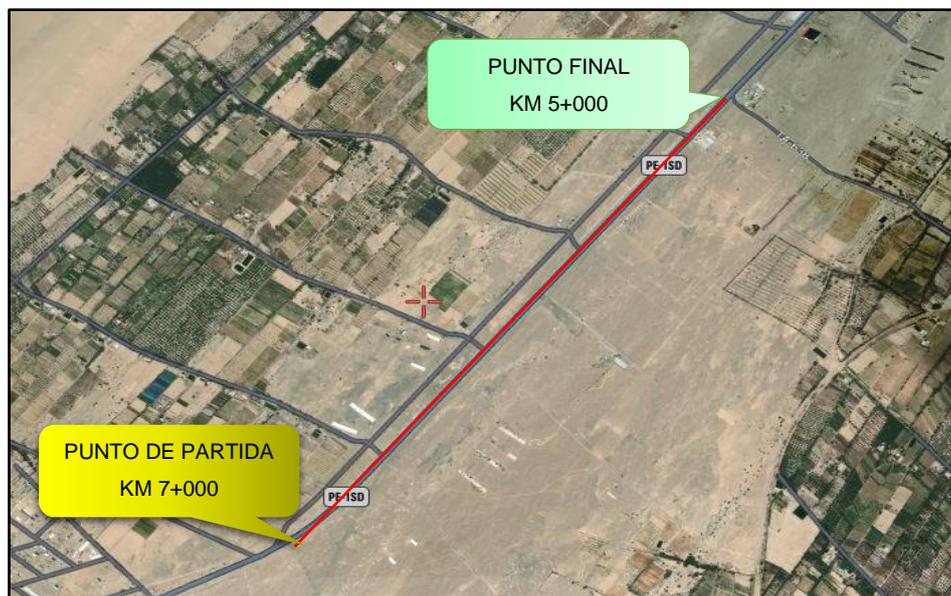
Inicio KM 5+000 al KM 7+000 (ida)



La Figura 51 nos guía que iniciamos la combinación 1 – N° de viaje 2, a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 7+000 al km 5+000, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

Figura 51

Inicio KM 7+000 al KM 5+000 (vuelta)



La Figura 52, expone la realización de la combinación 2 – N° de viaje 3 usando el celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja) que con el uso del vehículo marca Toyota, modelo hilux, Carrocería pick up y año de fabricación 2021, primero medimos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 35 psi, segundo, colocamos una carga útil de 300 kilogramos adicionalmente consideraremos el peso de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos, tercero, tenemos que tener activado los datos móviles y la ubicación GPS para poder realizar la combinación y obtener los resultados con el aplicativo móvil ABAKAL IRI, cuarto, colocamos el celular con el apoyo del porta celular para automóviles suspendido del parabrisas. Por último, iniciamos el ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”. Con todo lo anterior explicado se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 la combinación 2 – N° de viaje 4.

Figura 52

Uso del celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja)



La Figura 53 muestra que con el uso del vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021, consideramos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 35 psi, segundo, retiramos una carga de 300 kilogramos, se considerará el peso aproximado de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos.

Figura 53

Retiro de carga de peso 300 kilogramos



La Figura 54 muestra que ya teniendo activado los datos móviles y la ubicación GPS en el celular smartphone Huawei P30 (Gama Alta) además de estar colocado con el apoyo del porta celular para automóviles que estará suspendido del parabrisas, realizamos la combinación 3 – N° de viaje 5, de modo que se realizó el trayecto de prueba (ida y vuelta) para definir el coeficiente de ajuste; concluyendo que se trabajara la combinación 3 con el tipo de cálculo estadístico. Iniciamos el ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000 para la combinación 3 – N° de viaje 5, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”. De la misma manera, realizaremos la combinación 3 – N° de viaje 6 en el km 7+000 al km 5+000 realizando al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

Figura 54

Combinación Huawei P30 (Gama Alta) – 35 psi – sin carga



La Figura 55 indica la realización de la siguiente combinación 4 – N° de viaje 7 con el celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja), que con el uso del vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021, consideramos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 35 psi, segundo, retiramos una carga de 300 kilogramos, se considerará el peso aproximado de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos. Se realizó el trayecto de prueba (ida y vuelta) para definir el coeficiente de ajuste; concluyendo que se trabajara los ensayos con el tipo de cálculo estadístico. Iniciamos el ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000 para la combinación 6 – N° de viaje 7, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”. De manera similar, realizamos la combinación 4 – N° de viaje 8 en el km 7+000 al km 5+000 realizando al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

Figura 55

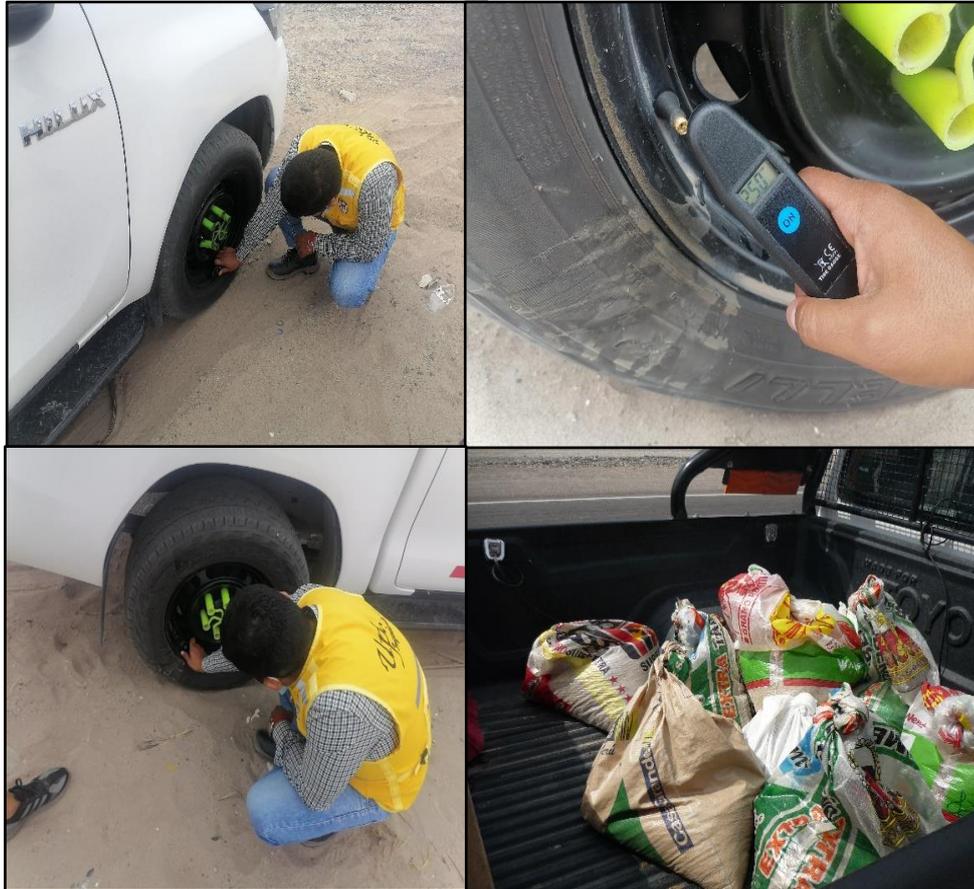
Datos ABAKAL IRI - Samsung Galaxy A10s – 35 psi – sin carga



La Figura 56, evidencia que con el uso del vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021, consideramos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 25 psi, segundo, colocamos una carga de 300 kilogramos, se considerará más el peso adicional de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos.

Figura 56

Camioneta Toyota Hilux 2021 –25 psi – 300 kilogramos



La figura 57 muestra que teniendo activado los datos móviles y la ubicación GPS en el celular smartphone Huawei P30 (Gama Alta) además de estar colocado con el apoyo del porta celular para automóviles que estará suspendido del parabrisas, realizamos la combinación 5 – N° de viaje 9 cumpliendo a cabalidad que se realizó el trayecto de prueba (ida y vuelta) para definir el coeficiente de ajuste; concluyendo que se trabajara los ensayos con el tipo de cálculo estadístico. Comenzamos el ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000 para la combinación 5 – N° de viaje 9, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”. De modo semejante, realizamos la combinación 5 – N° de viaje 10 en el km 7+000 al km 5+000 realizando al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

Figura 57

25 psi –300 kilogramos - smartphone Huawei P30



Ahora se realizará la combinación 6 - N° de viaje 11 usando el celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja) y teniendo activado los datos móviles y la ubicación GPS, que con el uso del vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021, consideramos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 25 psi, segundo, colocamos una carga de 300 kilogramos, se considerará más el peso adicional de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos. Damos comienzo al ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000 para la combinación 6 – N° de viaje 11, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”. De modo semejante, realizamos la combinación 6 – N° de viaje 12 en el km 7+000 al km 5+000 realizando al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

La Figura 58 muestra que con la utilización del vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021, consideramos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 25 psi, segundo, retiramos una carga útil de 300 kilogramos, se considerará el peso de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos.

Figura 58

Camioneta Toyota Hilux 2021 –25 psi – sin carga 300 kilogramos



Teniendo activado los datos móviles y la ubicación GPS en el celular smartphone Huawei P30 (Gama Alta) además de estar colocado con el apoyo del porta celular para automóviles que estará suspendido del parabrisas, realizamos la combinación 7 – N° viaje 13 cumpliendo la realización del trayecto de prueba (ida y vuelta) para definir el coeficiente de ajuste; concluyendo que se trabajara los ensayos con el tipo de cálculo estadístico. Comenzamos el ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000 para la combinación 7 – N° de viaje 13, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”. De igual modo, realizamos la combinación 7 – N° de viaje 14 en el km 7+000 al km 5+000 realizando al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

De igual importancia realizaremos la siguiente combinación 8 – N° de viaje 15 con el celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja) con la utilización del vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021, consideramos la presión de los 4 neumáticos con el manómetro de presión digital al rango de 25 psi, segundo, retiramos una carga útil de 300 kilogramos, se considerará el peso de 2 pasajeros y operador igual 235 kilogramos. Cumpliendo la realización del trayecto de prueba (ida y vuelta) para definir el coeficiente de ajuste; concluyendo que se trabajara los ensayos con el tipo de cálculo estadístico. Comenzamos el ensayo a una velocidad constante y centrada en los 80 km/h en el km 5+000 al km 7+000 para la combinación

8 – N° de viaje 15, realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000> “parar”>” detener”>” guardar”. Así mismo, realizamos la combinación 8 – N° de viaje 16 en el km 7+000 al km 5+000 realizando al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”.

Se presenta en la Tabla 6 las combinaciones realizadas con el celular smartphone Huawei P30 donde se realizó la variación de carga y presión de neumáticos desarrollando cuatro combinaciones con ocho viajes.

Tabla 6

Resumen con smartphone Huawei P30 (GAMA ALTA)

Combinaciones con el celular smartphone Huawei P30					
Marca	Modelo	Vehículo		Carga	Presión de neumáticos
		Carrocería	Año de fabricación		
Toyota	hilux	pick up	2021	300 kg	35 psi
Toyota	hilux	pick up	2021	-	35 psi
Toyota	hilux	pick up	2021	300 kg	25 psi
Toyota	hilux	pick up	2021	-	25 psi

Se presenta en la Tabla 7 las combinaciones realizadas con el celular smartphone Samsung Galaxy A10S donde se realizó la variación de carga y presión de neumáticos desarrollando cuatro combinaciones con ocho viajes.

Tabla 7

Resumen con smartphone Samsung Galaxy A10S (GAMA BAJA)

Combinaciones con el celular smartphone Samsung Galaxy A10s					
Marca	Modelo	Vehículo		Carga	Presión de neumáticos
		Carrocería	Año de fabricación		
Toyota	hilux	pick up	2021	300 kg	35 psi
Toyota	hilux	pick up	2021	-	35 psi
Toyota	hilux	pick up	2021	300 kg	25 psi
Toyota	hilux	pick up	2021	-	25 psi

3.6.1.2. Ensayo 02

La Figura 59 muestra que al haber ejecutado nuestra planificación realizaremos la utilización del vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2014, primeramente, con el manómetro de presión digital se hizo la medición de presión de los 4 neumáticos a 35 psi, en segundo lugar, ponemos una carga de 300 kilogramos, se sumará también el peso aproximado de 225 kilogramos del peso de 2 pasajeros y operador.

Figura 59

Presión de los cuatro neumáticos a 35 psi



La Figura 60, señala al haber colocado una carga de 300 kilogramos, además se sumará el peso aproximado de 225 kilogramos del peso de 2 pasajeros y operador, luego tenemos que revisar si se encuentra activo los datos móviles y ubicación GPS en el smartphone Huawei P30 (Gama Alta) para determinar los resultados haciendo uso del aplicativo móvil ABAKAL IRI por ende realizar la combinación 9 – N° de viaje 17, se colocó el smartphone Huawei P30 suspendido del parabrisas.

Figura 60

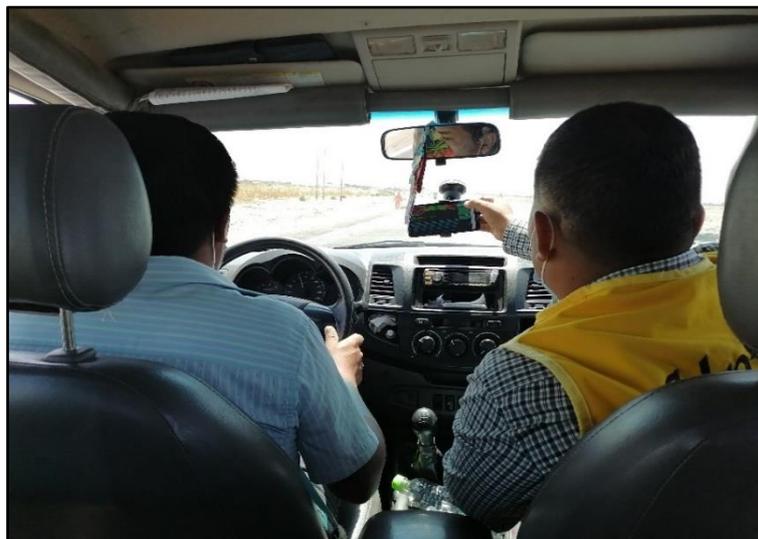
Carga de 300 kilogramos y colocación smartphone Huawei P30



La Figura 61 muestra que colocado el smartphone Huawei P30 (Gama Alta), se realizó el trayecto de prueba (sur – norte, norte - sur) para definir el coeficiente de ajuste; finalizando que se trabajara las combinaciones con el tipo de cálculo estadístico, dando inicio a la combinación 9 – N° de viaje 17 a una velocidad constante a 80 km/h en km 5+000 al km 7+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000 “parar”>” detener”>” guardar”. De forma similar se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 efectuando la combinación 9 – N° de viaje 18.

Figura 61

Combinación Huawei P30 – carga 300 kg – 35 PSI



La Figura 62, a continuación, muestra la ejecución de la combinación 10 – N° de viaje 19 disponiendo el celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja) cumpliendo la utilización del vehículo marca Toyota, modelo hilux, Carrocería PICK UP y Año de Fabricación 2014, primeramente, con el manómetro de presión digital se hizo la medición de presión de los 4 neumáticos a 35 psi, en segundo lugar, ponemos una carga de 300 kilogramos, se sumará también el peso aproximado de 225 kilogramos del peso de 2 pasajeros y operador. Se realizó el trayecto de prueba (sur – norte, norte - sur) para definir el coeficiente de ajuste; finalizando que se trabajara las combinaciones con el tipo de cálculo estadístico, dando inicio a la combinación 10 – N° de viaje 19 a una velocidad constante a 80 km/h en km 5+000 al km 7+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000 “parar”>” detener”>” guardar”. De forma similar se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 efectuando la combinación 10 – N° de viaje 20.

Figura 62

Samsung Galaxy A10s (gama baja) – carga 300 kg – 35 psi.



La Figura 63 muestra al vehículo marca Toyota, modelo hilux, Carrocería pick up y año de fabricación 2014, para empezar, con el manómetro de presión digital se hizo la medición de presión de los 4 neumáticos a 35 psi, por último, retiramos la carga de 300 kilogramos, se seguirá considerando el peso aproximado de 225 kilogramos del peso de 2 pasajeros y operador.

Figura 63

Presión de neumáticos a 35 psi – retiro de carga de 300 kilogramos



La Figura 64 muestra que al haber activado los datos móviles y la ubicación GPS en el smartphone Huawei P30 (Gama Alta) y estar colocado, también suspendido del parabrisas. Realizamos la combinación 11 – N° de viaje 21. Se realizó el trayecto de prueba (sur – norte, norte - sur) para definir el coeficiente de ajuste; finalizando que se trabajara las combinaciones con el tipo de cálculo estadístico, dando inicio a la combinación 11 – N° de viaje 21 a una velocidad constante a 80 km/h en km 5+000 al km 7+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000 “parar”>” detener”>” guardar”. De forma similar se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 efectuando la combinación – N° 11 de viaje 22 a una velocidad constante a 80 km/h en km 7+000 al km 5+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000 “parar”>” detener”>” guardar”.

Figura 64

Smartphone Huawei P30 – camioneta hilux año 2014 – 35 psi



La figura 65 muestra la ejecución de la combinación 12 – N° de viaje 23 disponiendo el celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja) cumpliendo a cabalidad el cumplimiento la utilización del vehículo marca Toyota, modelo hilux, Carrocería PICK UP y Año de Fabricación 2014, primeramente, con el manómetro de presión digital se hizo la medición de presión de los 4 neumáticos a 35 psi, en segundo lugar, quitamos la carga de 300 kilogramos, se sumará también el peso aproximado de 225 kilogramos del peso de 2 pasajeros y operador. Se realizó el trayecto de prueba (sur – norte, norte - sur) para definir el coeficiente de ajuste; finalizando que se trabajara las combinaciones con el tipo de cálculo estadístico, dando inicio a la combinación 12 – N° de viaje 23 a una velocidad constante a 80 km/h en km 5+000 al km 7+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000 “parar”>” detener”>” guardar”. De forma similar se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 efectuando la combinación 12 – N° de viaje 24.

Figura 65

Smartphone Samsung Galaxy A10s – camioneta 2014 – 35 psi



La Figura 66 muestra al vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2014, para empezar, con el manómetro de presión digital se hizo la medición de presión de los 4 neumáticos a 25 psi, por último, colocamos una carga de 300 kilogramos, se seguirá considerando el peso adicional aproximado de 225 kilogramos del peso de 2 pasajeros y operador.

Figura 66

Neumáticos a 25 psi – colocación de carga de 300 kilogramos



La Figura 67 indica que verificamos si encuentra activado los datos móviles y la ubicación GPS en el smartphone Huawei P30 (Gama Alta) y estar colocado suspendido del parabrisas, por otra parte, Se realizó el trayecto de prueba (sur – norte, norte - sur) para definir el coeficiente de ajuste; finalizando que se trabajara las combinaciones con el tipo de cálculo estadístico, dando inicio a la combinación 13 – N° de viaje 25 a una velocidad constante a 80 km/h en km 5+000 al km 7+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000 “parar”>” detener”>” guardar”. De forma similar se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 efectuando la combinación 13 – N° de viaje 26.

Figura 67

*Huawei P30 – camioneta 2014 – carga de 300 kg –
25 psi*



Al estar colocado suspendido del parabrisas el celular smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja), por otra parte, se realizó el trayecto de prueba (sur – norte, norte - sur) para definir el coeficiente de ajuste; finalizando que se trabajara las combinaciones con el tipo de cálculo estadístico, dando inicio a la combinación 14 – N° de viaje 27 a una velocidad constante a 80 km/h en km 5+000 al km 7+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000 “parar”>” detener”>” guardar”. De forma similar se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 efectuando la combinación 14 – N° de viaje 28.

La Figura 68 muestra al vehículo marca Toyota, modelo hilux, Carrocería PICK UP y Año de Fabricación 2014, para empezar, con el manómetro de presión digital se hizo la medición de presión de los 4 neumáticos a 25 psi, por último, se retiró una carga de 300 kilogramos, se seguirá considerando el peso adicional aproximado de 225 kilogramos del peso de 2 pasajeros y operador.

Figura 68

Presión de neumáticos a 25 psi – retiro de carga de 300 kilogramos



Al haber activado los datos móviles y la ubicación GPS en el smartphone Huawei P30 (Gama Alta), smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja) y estar colocado, también suspendido del parabrisas. Realizamos la combinación 15 – N° de viaje 29. Se realizó el trayecto de prueba (sur – norte, norte - sur) para definir el coeficiente de ajuste; finalizando que se trabajara las combinaciones con el tipo de cálculo estadístico, dando inicio a la combinación 15 – N° de viaje 29 a una velocidad constante a 80 km/h en km 5+000 al km 7+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 7+000 “parar”>” detener”>” guardar”. De forma similar se realizó el mismo procedimiento del km 7+000 al km 5+000 efectuando la combinación 15 – N° de viaje 30 a una velocidad constante a 80 km/h en km 7+000 al km 5+000. Realizamos al momento el uso del aplicativo ABAKAL IRI “iniciar” >” conteo”> al término del km 5+000> “parar”>” detener”>” guardar”. Adicionalmente desarrollaremos del mismo modo las combinaciones 16 – N° de viaje 31 y 32.

La Figura 69 muestra la culminación de las 16 combinaciones y N° de viajes de 32 desarrollado por la brigada de trabajo.

Figura 69

Culminación de 16 combinaciones y 32 viajes



Se presenta en la Tabla 8 las combinaciones realizadas con el celular smartphone Huawei P30 donde se realizó la variación de carga y presión de neumáticos desarrollando cuatro combinaciones con ocho viajes.

Tabla 8*Resumen con el uso de camioneta 2014 – Huawei P30*

Combinaciones con el celular smartphone Huawei P30					
Marca	Modelo	Vehículo		Carga Modelo	Presión de neumáticos Carrocería
		Carrocería	Marca		
Toyota	hilux	pick up	2014	300 kg	35 psi
Toyota	hilux	pick up	2014	-	35 psi
Toyota	hilux	pick up	2014	300 kg	25 psi
Toyota	hilux	pick up	2014	-	25 psi

Se presenta en la Tabla 9 las combinaciones realizadas con el celular smartphone Samsung Galaxy A10s donde se realizó la variación de carga y presión de neumáticos desarrollando cuatro combinaciones con ocho viajes.

Tabla 9*Resumen con el uso de camioneta 2014 – Galaxy A10s*

Combinaciones con el celular smartphone Samsung Galaxy A10s					
Marca	Modelo	Vehículo		Carga	Presión de neumáticos
		Carrocería	Año de fabricación		
Toyota	Hilux	PICK UP	2014	300 kg	35 PSI
Toyota	Hilux	PICK UP	2014	-	35 PSI
Toyota	Hilux	PICK UP	2014	300 kg	25 PSI
Toyota	Hilux	PICK UP	2014	-	25 PSI

3.6.2. Procedimiento de ensayo con MERLIN equipo para Rugosidad

Para la metodología del MERLIN equipo para Rugosidad en la Carretera Nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) km 5+000 al km 7+000, se determinó ejecutar en ambos carriles la metodología MERLIN equipo para Rugosidad realizando tramos de 400 metros de longitud en cada determinado carril de la vía con el fin de determinar un valor de rugosidad, se realizó 200 lecturas en forma consecutiva de las irregularidades que presentara el pavimento

(IRI m/km). Finalmente se efectuará el procesamiento de datos y cálculos en hojas electrónica Excel donde se pudo desarrollar tabulaciones, cuadros comparativos.

Se siguieron los siguientes pasos:

- a) Para realizar el ensayo con Merlin equipo para Rugosidad se necesita una buena planificación y contar una brigada de trabajo conformado por lo menos cuatro personas donde se trabajó conjuntamente, al mismo tiempo distribuidas en funciones tales como:
 - Un operador que conduzca el equipo Merlin siguiendo la huella exterior del tráfico y es quien realice las lecturas.
 - Otra persona se encargó en anotar el registro de las rugosidades del pavimento en el formato para la recolección de datos de campo.
 - Los dos integrantes faltantes de la brigada de trabajo se encargaron de brindar la seguridad con el uso de los conos de seguridad vial y las paletas pare y siga de señalización.

La figura 70 muestra la calibración del Merlin equipo para Rugosidad ubicándolo en una superficie horizontal efectuando por el brazo móvil, mientras que el puntero se deslizara al borde del tablero y marque 25.

Figura 70

Calibración del merlín equipo para rugosidad



La Figura 71 indica que al haber seleccionado para la investigación la Carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) km 5+000 al km 7+000, nos ubicamos en el km 5+000 en el carril derecho (bajada) con el Merlin equipo para Rugosidad donde efectuamos el ensayo siguiendo la huella exterior del tráfico vehicular.

Figura 71

Ubicación con merlín equipo para rugosidad en el km 5+000



La Figura 72 muestra que al mismo tiempo 2 integrantes de la brigada de trabajo se encargan de brindar la seguridad cuando se efectuó el ensayo siguiendo la huella exterior del tráfico vehicular.

Figura 72

Seguridad vial desde el km 5+000 al km 7+000



La Figura 73 demuestra que el Merlin equipo para Rugosidad se estacionó en intervalos regulares cada 2 metros de distancia. Por lo cual, en campo se toma como referencia la circunferencia de la rueda guiándonos de la marca llamativa en la rueda (una vuelta de la rueda) que es aproximadamente 2 metros quedando en contacto con el suelo para poder realizar la observación de la lectura de las irregularidades que presento en el momento dicha vía detectado por el patín móvil del Merlin equipo para Rugosidad e indicado por la posición del puntero sobre el tablero generando las lecturas una y otra vez de manera continua.

Figura 73

Detención en intervalos de cada 2 metros de distancia



La Figura 74 demuestra que al momento de realizar las observaciones de las lecturas que recogerá el puntero del equipo Merlin para rugosidad estarán entre la escala 1 al 50 colocada sobre el tablero, por lo que se anotó en un formato en campo elaborado en cuadrículas compuesto por 20 filas y 10 columnas.

Figura 74

Anotación de lecturas en un formato de 20 filas y 10 columnas



La Figura 75 demuestra el proceso de medición de las lecturas es de manera persistente a una velocidad promedio de 2 km/h en el kilómetro 6+000.

Figura 75

Velocidad promedio de 2 km/h en km. 6+000



La Figura 76 evidencia la nueva ubicación del equipo Merlin en la carretera nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) km 5+000 al km 7+000 en el carril derecho (bajada) se repetirá la operaciones desarrolladas y aplicadas como 2 integrantes de la brigada de trabajo se encargan de brindar la

seguridad, el equipo para rugosidad se estacionara en intervalos regulares cada 2 metros de distancia y a una velocidad constante de 2 km/h, del mismo modo, se anotará en un formato en campo elaborado en cuadrículas compuesto por 20 filas y 10 columnas las diferentes lecturas obtenidas sucesivamente hasta completar las 200 lecturas en cada uno de los formatos en campo culminando hasta el km 7+000.

Figura 76

Termino de ensayo con equipo merlín en el km 7+000 carril derecho



Se realizó seguidamente el ensayo con el equipo Merlin en el carril izquierdo (subida) en la Carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 7+000 AL KM 5+000. Ver Figura 57.

La Figura 77 muestra que se realizó la calibración del Merlin equipo para Rugosidad ubicándolo en una superficie horizontal en el KM 7+000 efectuando por el brazo móvil, mientras que el puntero se deslizara al borde del tablero y marque 25.

Figura 77

Calibración del merlín equipo para Rugosidad en el km 7+000



La Figura 78 demuestra que al haber seleccionado para la investigación la Carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000, nos ubicamos en el km 7+000 en el carril izquierdo (subida) con el Merlin equipo para Rugosidad donde efectuamos el ensayo siguiendo la huella exterior del tráfico vehicular.

Figura 78

Ubicación con merlín equipo para rugosidad en el km 7+000



La Figura 79 muestra que al mismo tiempo 2 integrantes de la brigada de trabajo se encargan de brindar la seguridad necesaria en el carril izquierdo (subida) desde el km 7+000 al km. 5+000.

Figura 79

Seguridad vial desde el km 7+000 al km 5+000



La Figura 80 muestra que se realizó el ensayo con el equipo merlin a una velocidad de 2 km/h continuo en la carretera investigación la Carretera Nacional: PE-

1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 7+000 al KM 5+000.

Figura 80

Velocidad continuo de 2 km/h en km 7+000 al km 5+000



La Figura 81 muestra el procedimiento de realización cumpliendo a cabalidad con el modo que se ejecutó que el Merlin equipo para Rugosidad se estacionó en intervalos regulares cada 2 metros de distancia Se repetirá la operación desde km 7+000 al km 5+000 para poder realizar la observación de la lectura de las irregularidades que presentó en el momento dicha vía detectado por el patín móvil del Merlin equipo para Rugosidad e indicado por la posición del puntero sobre el tablero generando las lecturas una y otra vez de manera continua y anotadas en el formato de campo.

Figura 81

Anotación de lecturas km 7+000 al km 5+000



La Figura 82 muestra el termino del ensayo con el Merlin equipo para rugosidad en el km 5+000 en carril izquierdo concluyendo el estudio definitivo en la presente tesis.

Figura 82

Termino de ensayo en el km 5+000 carril izquierdo



CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del cálculo de la rugosidad aplicando MERLIN

El ensayo fue elaborado con el equipo rugosímetro MERLIN, al ser estudiado en la carretera PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) evaluando ambos carriles (carril derecho y carril izquierdo), las muestras se tomaron en tramos de 400 metros obteniendo 200 lecturas de manera consecutiva. Dichos datos de campo se procesaron en hojas de cálculo electrónica puesto por el método Merlin para el cálculo de la rugosidad como se muestra, logrando a continuación mostrar los resultados siguientes:

En la Figura 83 se muestra el ensayo 1 en el sector 0+000 al 0+400 en carril derecho además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 83

Datos de campo tramo 1 – carril derecho

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO										
HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN										
Tesis:FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021										
UBICACIÓN	Tacna - Tacna - Tacna				Nº DE ENSAYO	1				
MUESTRA	Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000				SECTOR	0+000 - 0+400				
FECHA	14 de enero 2022				CARRIL	Derecho (Bajada)				
LECTURA EN CAMPO - MERLÍN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28	27	24	26	26	21	28	26	25	28
2	25	26	26	29	30	26	24	25	24	28
3	19	22	22	23	21	23	23	32	26	23
4	23	24	31	25	23	28	22	24	27	25
5	25	28	22	25	19	28	24	30	22	23
6	23	28	32	23	23	25	20	25	31	26
7	25	30	26	28	20	23	27	35	20	28
8	31	25	25	24	24	26	30	28	26	25
9	39	27	28	24	25	27	25	26	26	29
10	24	26	26	28	27	33	29	24	26	32
11	27	28	33	21	26	16	31	27	28	28
12	35	24	24	27	31	21	25	21	26	22
13	17	22	30	27	25	26	24	25	28	25
14	27	24	20	35	24	30	23	27	29	30
15	29	32	31	24	22	30	25	29	30	22
16	24	36	25	28	30	28	26	27	31	26
17	28	29	30	28	29	26	28	25	36	24
18	25	25	28	27	23	22	28	28	33	32
19	25	29	24	27	25	32	27	34	26	23
20	26	26	27	23	25	25	24	27	25	25

TIPO DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMIDA

TRAT. BICAPA

CARPETA EN FRIO

CARPETA EN CALIENTE

RECAPEO ASFALTICO

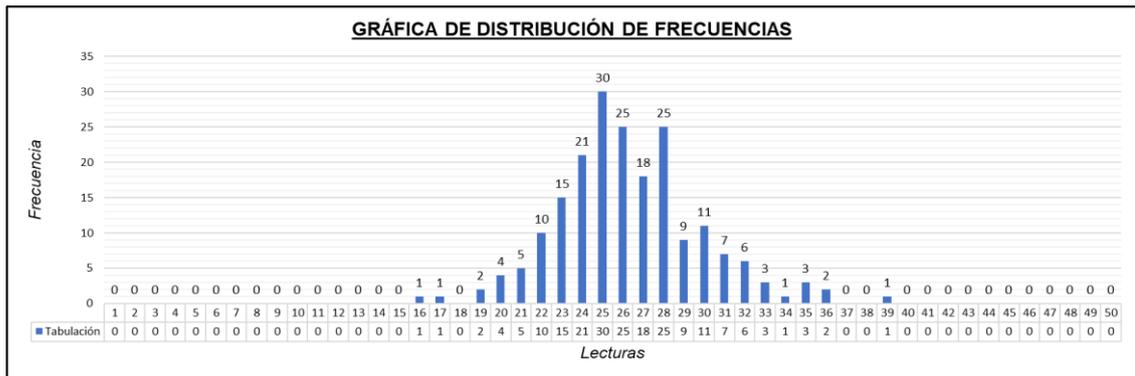
SELLO

OTROS

En la Figura 84 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 22 al 30, nos indica que en gran mayoría el tramo presenta depresión.

Figura 84

Distribución de frecuencias – tramo 1



En la Figura 85 se muestra el ensayo 2 en el sector 0+400 al 0+800 en carril derecho además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 85

Datos de campo tramo 2 – carril derecho

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

Tesis:FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna **Nº DE ENSAYO :** 2
MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 **SECTOR :** 0+400 - 0+800
FECHA : 14 de enero 2022 **CARRIL :** Derecho (Bajada)

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

TIPO DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMIDA

TRAT. BICAPA

CARPETA EN FRIO

CARPETA EN CALIENTE

RECAPEO ASFALTICO

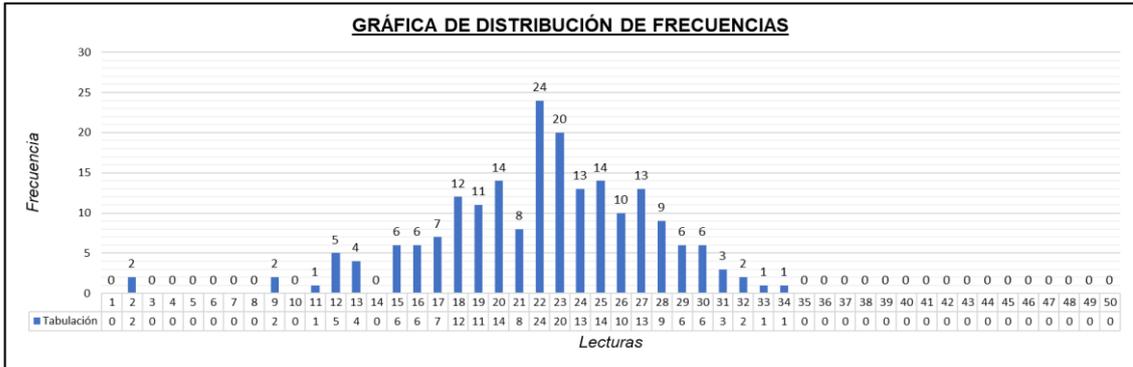
SELLO

OTROS

En la Figura 86 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 18 al 27, nos indica que en gran mayoría el tramo presenta elevaciones.

Figura 86

Distribución de frecuencias – tramo 2



En la Figura 87 se muestra el ensayo 3 en el sector 0+800 al 1+200 en carril derecho además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 87

Datos de campo tramo 3 – carril derecho

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

Tesis: FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna **Nº DE ENSAYO** : 3
MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 **SECTOR** : 0+800 - 1+200
FECHA : 14 de enero 2022 **CARRIL** : Derecho (Bajada)

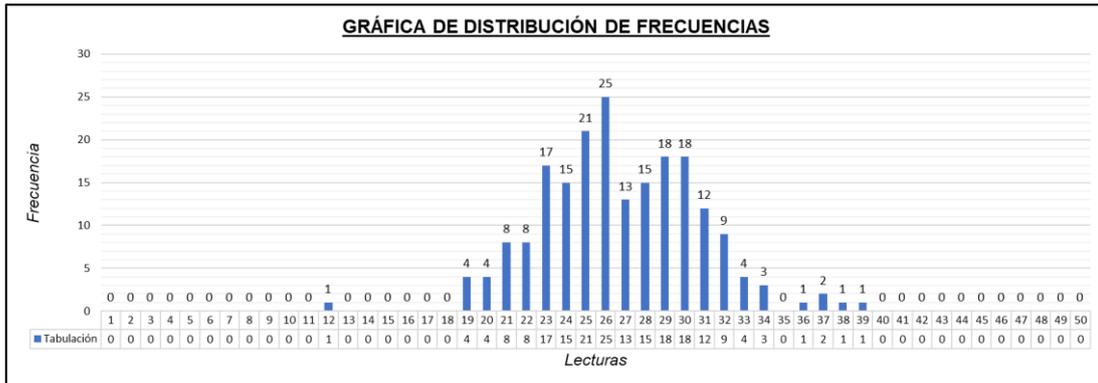
LECTURA EN CAMPO - MERLIN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	31	30	19	26	29	32	30	31	25
2	32	25	28	29	22	29	26	33	27	30
3	31	23	37	28	29	28	30	23	25	19
4	32	30	33	31	26	37	28	32	26	32
5	38	21	24	29	28	22	24	31	28	19
6	31	28	31	34	30	20	23	26	21	22
7	25	22	34	25	20	31	26	24	29	25
8	30	28	30	30	30	26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

TIPO DE PAVIMENTO:	
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>
TRAT. BICAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
SELLO	<input type="checkbox"/>
OTROS	<input type="checkbox"/>

En la Figura 88 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 22 al 31, nos quiere decir que en gran mayoría el tramo presenta depresiones.

Figura 88

Distribución de frecuencias – tramo 3



En la Figura 89 se muestra el ensayo 4 en el sector 1+200 al 1+600 en carril derecho además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 89

Datos de campo tramo 4 – carril derecho

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

Tesis: FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

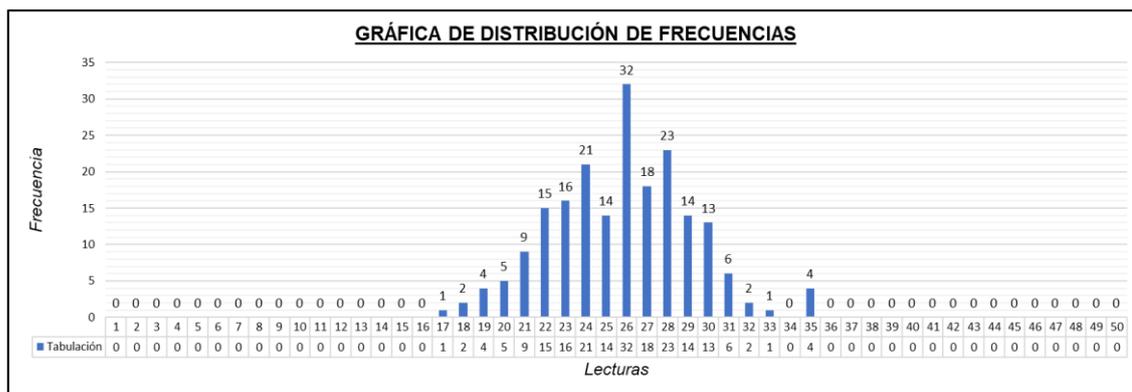
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna **Nº DE ENSAYO** : 4
MUESTRA : Costanera Sur: km . 5+000 a km 7+000 **SECTOR** : 1+200 - 1+600
FECHA : 14 de enero 2022 **CARRIL** : Derecho (Bajada)

LECTURA EN CAMPO - MERLÍN										TIPO DE PAVIMENTO:	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	30	27	29	35	35	30	30	28	29	26	AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPRIMIDA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input checked="" type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	23	26	26	21	28	30	23	30	27	28	
3	31	26	32	30	29	27	27	35	28	28	
4	25	29	28	27	26	28	26	24	26	28	
5	23	27	26	35	29	29	26	29	27	29	
6	28	26	25	28	29	28	30	25	21	28	
7	28	27	24	31	31	24	27	26	24	24	
8	31	29	26	28	27	28	22	25	33	30	
9	28	28	27	30	24	29	24	27	27	28	
10	26	23	32	26	26	26	21	27	23	26	
11	24	21	30	29	23	22	23	22	25	27	
12	18	17	24	24	25	25	28	26	28	23	
13	24	25	25	23	22	21	24	20	22	23	
14	22	30	20	20	26	22	26	19	27	30	
15	29	28	24	24	22	20	20	21	22	25	
16	23	24	25	24	26	22	31	22	31	26	
17	26	28	25	26	18	30	19	25	22	26	
18	26	26	23	19	26	26	24	21	23	24	
19	26	23	21	23	22	19	27	29	24	27	
20	26	23	26	22	24	28	25	24	22	21	

En la Figura 90 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 22 al 29, nos quiere decir que en gran mayoría el tramo presenta depresiones.

Figura 90

Distribución de frecuencias – tramo 4



En la Figura 91 se muestra el ensayo 5 en el sector 1+600 al 2+000 en carril derecho además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 91

Datos de campo tramo 5 – carril derecho

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

Tesis:FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna Nº DE ENSAYO : 5
 MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 SECTOR : 1+600 - 2+000
 FECHA : 14 de enero 2022 CARRIL : Derecho (Bajada)

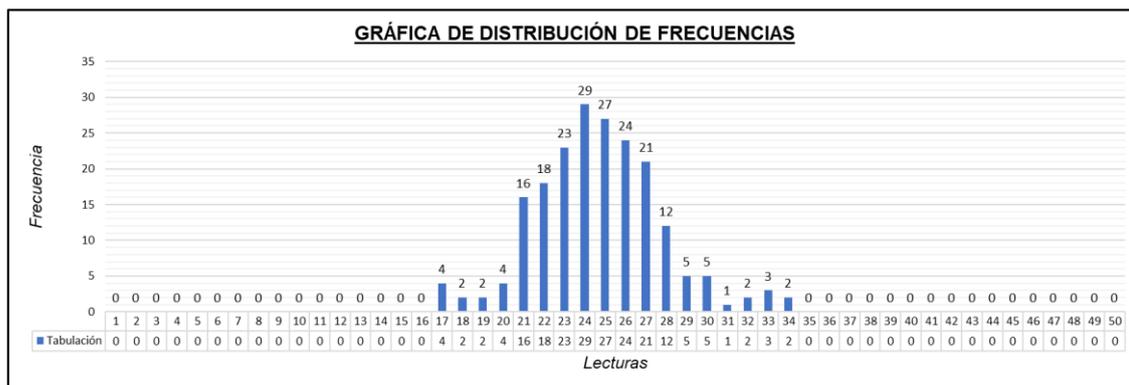
LECTURA EN CAMPO - MERLIN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	24	25	26	34	25	18	25	25	25
2	27	28	29	25	26	25	27	26	27	24
3	23	24	17	28	27	24	25	22	23	21
4	27	21	26	23	27	25	32	24	27	23
5	29	19	26	26	24	21	26	24	23	30
6	25	22	25	24	31	25	26	25	33	24
7	21	19	25	23	24	24	27	23	23	28
8	23	23	27	22	21	23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

TIPO DE PAVIMENTO:	
AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
BASE IMPRIMIDA	<input type="checkbox"/>
TRAT. BICAPA	<input type="checkbox"/>
CARPETA EN FRIO	<input checked="" type="checkbox"/>
CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
RECAPEO ASFALTICO	<input type="checkbox"/>
SELLO	<input type="checkbox"/>
OTROS	<input type="checkbox"/>

En la Figura 92 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 21 al 27, nos indica que en gran mayoría el tramo presenta elevaciones.

Figura 92

Distribución de frecuencias – tramo 5



En la Figura 93 se muestra el ensayo 6 en el sector 0+000 al 0+400 en carril izquierdo además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 93

Datos de campo tramo 6 – carril izquierdo

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
 Tesis:FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

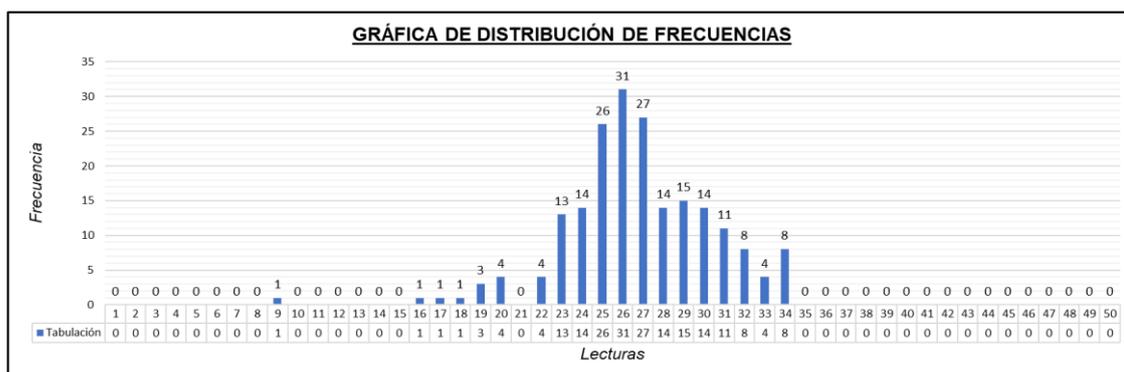
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna Nº DE ENSAYO : 6
 MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 SECTOR : 0+000 -0+400
 FECHA : 14 de enero 2022 CARRIL : Izquierdo (Subida)

LECTURA EN CAMPO - MERLIN										TIPO DE PAVIMENTO:	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	29	20	27	26	27	26	26	24	26	25	AFIRMADO <input type="checkbox"/> BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> BASE IMPRIMIDA <input type="checkbox"/> TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/> CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/> SELLO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
2	25	25	27	31	34	19	29	29	30	30	
3	34	27	30	24	27	24	25	26	30	25	
4	27	25	22	25	20	29	23	28	26	24	
5	27	26	32	27	26	26	28	27	26	25	
6	28	24	30	31	27	25	20	26	31	26	
7	27	29	29	23	29	25	23	23	17	30	
8	26	33	27	25	32	20	26	30	27	29	
9	26	25	31	24	26	26	30	32	26	30	
10	26	27	28	25	28	32	25	32	29	25	
11	30	27	26	27	26	25	34	28	27	28	
12	27	29	26	23	22	28	25	31	27	19	
13	26	28	23	32	33	30	28	27	33	16	
14	26	34	26	22	28	24	29	27	31	26	
15	29	25	31	25	19	25	18	28	34	23	
16	27	27	25	32	25	27	27	26	24	31	
17	24	28	26	23	30	29	26	32	23	28	
18	23	25	25	34	34	23	34	26	23	31	
19	29	26	22	24	23	24	33	29	24	27	
20	24	30	9	25	31	24	27	31	25	30	

En la Figura 94 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 23 al 30, nos quiere decir que en gran mayoría el tramo presenta depresiones.

Figura 94

Distribución de frecuencias – tramo 6



En la Figura 95 se muestra el ensayo 7 en el sector 0+400 al 0+800 en carril izquierdo además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 95

Datos de campo tramo 7 – carril izquierdo

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

Tesis:FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna **Nº DE ENSAYO** : 7
MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 **SECTOR** : 0+400 -0+800
FECHA : 14 de enero 2022 **CARRIL** : Izquierdo (Subida)

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

TIPO DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMIDA

TRAT. BICAPA

CARPETA EN FRIO

CARPETA EN CALIENTE

RECAPEO ASFALTICO

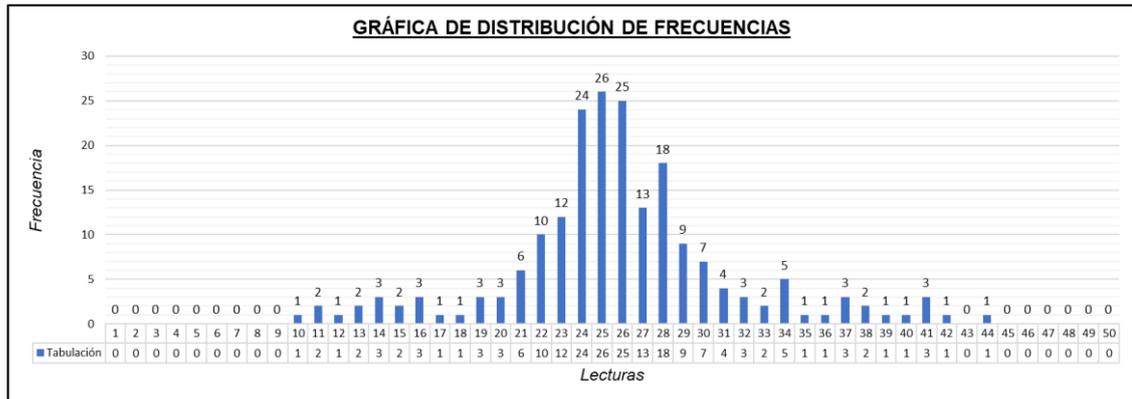
SELLO

OTROS

En la Figura 96 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 23 al 25, nos indica que en gran mayoría el tramo presenta elevaciones.

Figura 96

Distribución de frecuencias – tramo 7



En la Figura 97 se muestra el ensayo 8 en el sector 0+800 al 1+200 en carril izquierdo además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 97

Datos de campo tramo 8 – carril izquierdo

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
Tesis: FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna **Nº DE ENSAYO** : 8
MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 **SECTOR** : 0+800 -1+200
FECHA : 14 de enero 2022 **CARRIL** : Izquierdo (Subida)

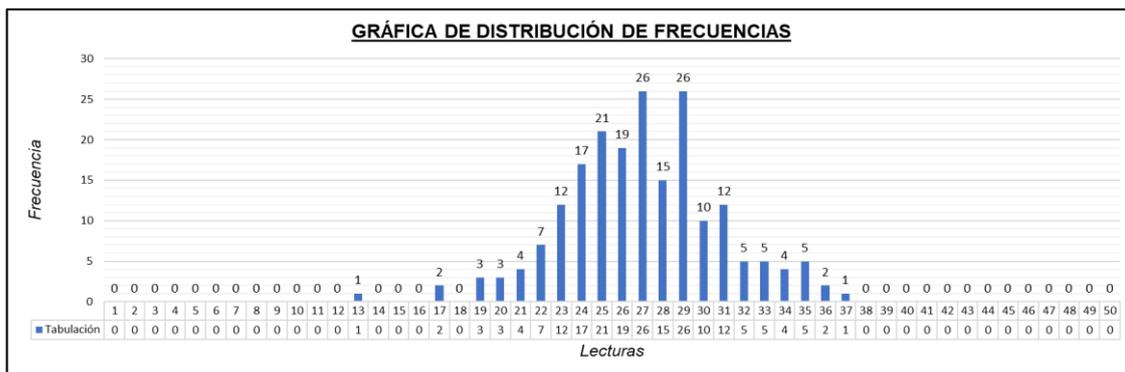
LECTURA EN CAMPO - MERLIN											TIPO DE PAVIMENTO:
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	31	26	31	25	27	24	29	27	25	27	<input type="checkbox"/>
2	24	26	30	25	27	25	28	28	27	26	<input type="checkbox"/>
3	30	26	25	24	29	22	29	35	27	22	<input type="checkbox"/>
4	28	31	22	36	25	26	27	22	33	28	<input type="checkbox"/>
5	32	27	28	27	29	26	25	25	21	29	<input type="checkbox"/>
6	25	25	33	23	26	27	29	30	23	24	<input type="checkbox"/>
7	24	28	29	29	27	26	23	30	37	29	<input type="checkbox"/>
8	29	24	28	26	30	24	36	28	31	29	<input type="checkbox"/>
9	32	24	24	20	25	19	30	25	26	17	<input type="checkbox"/>
10	30	26	24	27	21	23	25	25	27	27	<input type="checkbox"/>
11	34	33	22	24	24	29	23	28	24	29	<input type="checkbox"/>
12	23	29	26	32	35	33	33	30	20	25	<input type="checkbox"/>
13	21	27	27	26	30	29	29	20	34	21	<input type="checkbox"/>
14	31	28	26	27	23	28	34	19	13	19	<input type="checkbox"/>
15	30	24	23	27	27	24	27	31	25	29	<input type="checkbox"/>
16	23	25	35	31	34	29	25	28	29	22	<input type="checkbox"/>
17	35	23	27	29	27	24	27	29	25	26	<input type="checkbox"/>
18	28	31	27	28	32	23	29	35	25	28	<input type="checkbox"/>
19	26	32	31	29	31	17	27	24	26	26	<input type="checkbox"/>
20	27	22	31	29	29	23	25	31	26	29	<input type="checkbox"/>

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

En la Figura 98 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 23 al 29, nos indica que en gran mayoría el tramo presenta depresiones.

Figura 98

Distribución de frecuencias – tramo 8



En la Figura 99 se muestra el ensayo 9 en el sector 1+200 al 1+600 en carril izquierdo además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros.

Figura 99

Datos de campo tramo 9 – carril izquierdo

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

Tesis:FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna Nº DE ENSAYO : 9
 MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 SECTOR : 1+200 -1+600
 FECHA : 14 de enero 2022 CARRIL : Izquierdo (Subida)

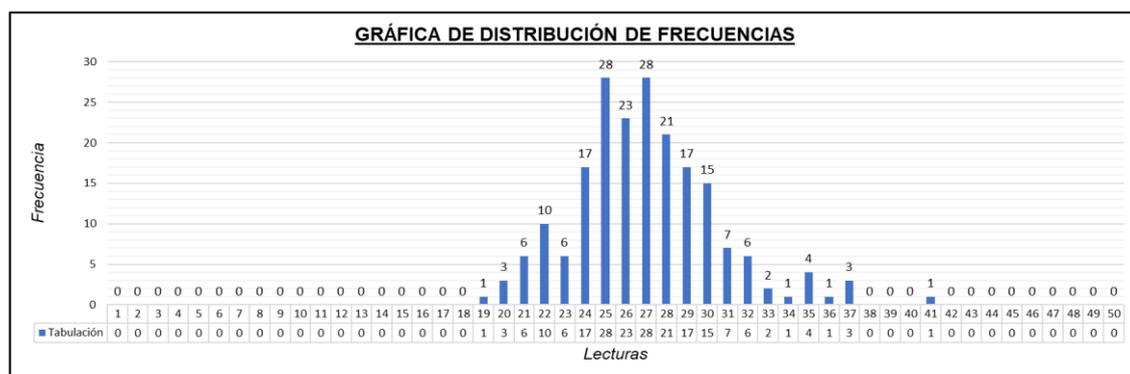
LECTURA EN CAMPO - MERLÍN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	26	28	25	35	29	28	28	29	23
2	27	30	20	25	26	24	25	36	28	27
3	30	27	27	27	22	37	33	27	23	22
4	27	30	26	27	25	26	28	28	29	24
5	26	25	25	34	37	30	24	24	30	28
6	21	22	24	27	31	25	27	30	25	29
7	30	28	26	26	27	32	29	26	30	28
8	25	29	29	26	28	21	24	27	20	31
9	27	19	21	22	31	35	25	28	25	31
10	21	27	23	29	22	29	28	25	23	30
11	32	32	21	32	22	27	29	25	22	29
12	24	22	26	41	32	28	26	32	30	30
13	23	25	25	26	25	26	21	25	29	24
14	24	22	24	31	23	29	29	25	26	25
15	29	27	27	30	30	27	26	26	27	30
16	28	24	31	29	24	24	26	28	25	30
17	27	28	27	27	35	35	25	26	24	28
18	24	31	25	20	27	25	26	28	25	28
19	27	27	26	22	27	28	28	27	25	26
20	24	24	26	29	25	37	26	27	25	25

- TIPO DE PAVIMENTO:**
- AFIRMADO
 - BASE GRANULAR
 - BASE IMPRIMIDA
 - TRAT. BICAPA
 - CARPETA EN FRIO
 - CARPETA EN CALIENTE
 - RECAPEO ASFALTICO
 - SELLO
 - OTROS

En la Figura 100 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 24 al 30, nos indica que en gran mayoría el tramo presenta depresiones.

Figura 100

Distribución de frecuencias – tramo 9



En la Figura 101 se muestra el ensayo 10 en el sector 1+600 al 2+000 en carril izquierdo además que la hoja de campo está constituida de 200 lecturas en 400 metros

Figura 101

Datos de campo tramo 10 – carril izquierdo

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

HOJA DE CAMPO PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

Tesis: FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna **Nº DE ENSAYO** : 10
MUESTRA : Costanera Sur: km. 5+000 a km 7+000 **SECTOR** : 1+600 - 2+000
FECHA : 14 de enero 2022 **CARRIL** : Izquierdo (Subida)

LECTURA EN CAMPO - MERLÍN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	33	30	39	27	22	31	32	25	31
2	24	23	24	25	31	31	29	28	27	31
3	23	2	34	29	18	32	25	20	31	22
4	21	19	26	26	31	24	24	32	17	29
5	29	32	26	28	19	31	25	34	21	30
6	27	27	28	23	30	24	32	25	19	18
7	36	23	23	21	21	30	27	24	27	31
8	26	24	21	27	30	28	32	28	33	28
9	19	28	29	27	13	25	21	20	27	24
10	19	34	27	29	23	22	32	29	27	24
11	27	21	29	36	30	31	22	26	30	31
12	27	29	29	22	29	27	27	29	32	31
13	35	26	22	28	28	31	35	23	22	24
14	29	22	27	25	20	34	20	25	27	26
15	28	26	27	21	28	27	30	26	28	33
16	25	30	21	20	30	14	26	26	22	23
17	29	27	30	22	29	24	27	29	24	33
18	25	27	24	29	29	26	27	30	24	25
19	28	22	26	25	26	19	26	21	28	25
20	27	24	27	27	22	25	24	29	33	31

TIPO DE PAVIMENTO:

AFIRMADO

BASE GRANULAR

BASE IMPRIMIDA

TRAT. BICAPA

CARPETA EN FRIO

CARPETA EN CALIENTE

RECAPEO ASFALTICO

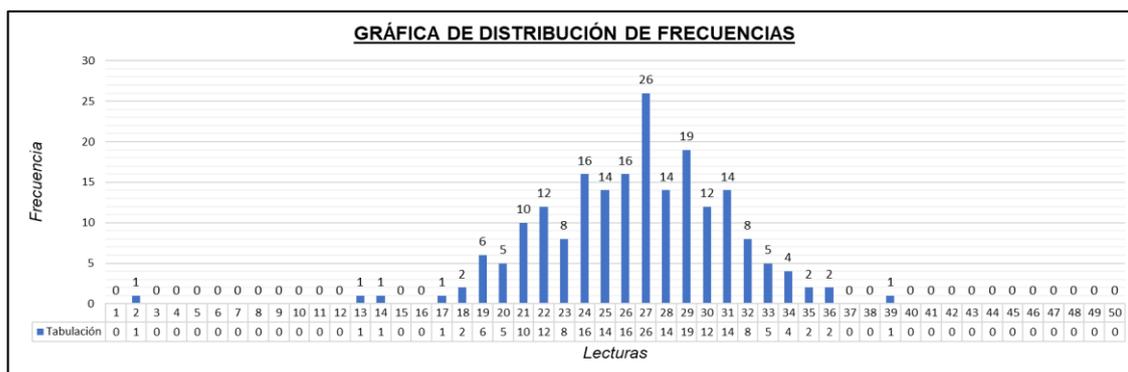
SELLO

OTROS

En la Figura 102 se muestra la distribución de frecuencias, se examina que las desviaciones del perfil del pavimento en mayor cantidad se localizan en los intervalos 22 al 31, nos indica que en gran mayoría el tramo presenta depresiones.

Figura 102

Distribución de frecuencias – tramo 10



4.1.1. Resultados de la rugosidad con Merlin Equipo para Rugosidad

En la Tabla 10 al tener la distribución de frecuencias se realizó el descarte de 5% (10 datos) del lado izquierdo de la distribución de frecuencia y el 5% (10 datos) del extremo superior y obteniendo las unidades consideras.

Tabla 10

Valores IRI carril derecho (1)

Ensayo	Carril	Progresiva		Descarte (5%)		Unidades consideradas
		Desde	Hasta	Inferior	Superior	
1	Derecho	0+000	0+400	0,67	0,00	11
2	Derecho	0+400	0+800	0,00	0,50	17
3	Derecho	0+800	1+200	0,88	0,50	11
4	Derecho	1+200	1+600	0,40	0,50	10
5	Derecho	1+600	2+000	0,50	0,60	9

En la Tabla 11 el Rango D (Und.) será la sumatoria del descarte 5% más las unidades consideras, para el rango D en (mm) será el factor de corrección (Fc) x 5 x

Und. y el valor de IRI considerado será la expresión 1 ya que el pavimento se encuentra en servicio.

Tabla 11

Valores IRI carril derecho (2)

Ensayo	Carril	Factor correc. (fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
1	Derecho	0,832	11,67	48,55	2,88	2,35	Consideramos expresión 1
2	Derecho	0,832	17,50	72,80	4,02	3,53	Consideramos expresión 1
3	Derecho	0,832	12,38	51,48	3,02	2,50	Consideramos expresión 1
4	Derecho	0,832	10,90	45,34	2,73	2,20	Consideramos expresión 1
5	Derecho	0,832	10,10	42,02	2,57	2,04	Consideramos expresión 1

En la Tabla 12 al tener la distribución de frecuencias se realizó el descarte de 5% (10 datos) del lado izquierdo de la distribución de frecuencia y el 5% (10 datos) del extremo superior y obteniendo las unidades consideras.

Tabla 12

Valores IRI carril izquierdo (1)

Ensayo	Carril	Progresiva		Descarte (5%)		Unidades consideradas
		Desde	Hasta	Inferior	Superior	
6	Izquierdo	0+000	0+400	0,25	0,50	12
7	Izquierdo	0+400	0+800	0,50	0,67	21
8	Izquierdo	0+800	1+200	0,75	0,50	12
9	Izquierdo	1+200	1+600	0,00	0,00	12
10	Izquierdo	1+600	2+000	0,33	0,80	13

En la Tabla 13 el Rango D (Und.) será la sumatoria del descarte 5% más las unidades consideras, para el rango D en (mm) será el factor de corrección (Fc) x 5 x Und. y el valor de IRI considerado será la expresión 1 ya que el pavimento se encuentra en servicio.

Tabla 13

Valores IRI carril izquierdo (2)

Ensayo	Carril	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
6	Izquierdo	0,832	12,75	53,04	3,09	2,57	Consideramos expresión 1
7	Izquierdo	0,832	22,17	92,21	4,94	4,47	Consideramos expresión 1
8	Izquierdo	0,832	13,25	55,12	3,19	2,67	Consideramos expresión 1
9	Izquierdo	0,832	12,00	49,92	2,94	2,42	Consideramos expresión 1
10	Izquierdo	0,832	14,13	58,79	3,36	2,85	Consideramos expresión 1

En la Tabla 14 indica en resumen la rugosidad en carril derecho desde la progresiva 0+000 hasta 2+000 obteniendo cinco valores IRI (m/km) a razón de cinco ensayos cada 400 metros.

Tabla 14

Resumen de la Rugosidad en carril derecho

Ensayo	Carril	Progresivas		Distancia (m)	IRI (m/km)
		desde	hasta		rugosímetro Merlin
1	derecho	0+000	0+400	400	2,88
2	derecho	0+400	0+800	400	4,02
3	derecho	0+800	1+200	400	3,02
4	derecho	1+200	1+600	400	2,73
5	derecho	1+600	2+000	400	2,57

En la Tabla 15 indica en resumen la rugosidad en carril izquierdo desde la progresiva 0+000 hasta 2+000 obteniendo cinco valores IRI (m/km) a razón de cinco ensayos cada 400 metros.

Tabla 15*Resumen de la rugosidad en carril Izquierdo*

Ensayo	Carril	Progresivas		Distancia (m)	IRI (m/km)
		desde	hasta		rugosímetro Merlin
6	izquierdo	0+000	0+400	400	3,09
7	izquierdo	0+400	0+800	400	4,94
8	izquierdo	0+800	1+200	400	3,19
9	izquierdo	1+200	1+600	400	2,94
10	izquierdo	1+600	2+000	400	3,36

4.2. Resultados con Aplicativo Móvil ABAKAL IRI**4.2.1. Datos Importados del Aplicativo ABAKAL IRI**

En la tabla 16 indica el resumen de viajes realizado del 1 al 16 con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021 que se realizaron las diferentes combinaciones, denominamos con un nombre particular como smartphone Gama Alta a smartphone Huawei P30 y smartphone Gama Baja a Samsung Galaxy A10s, además el coeficiente de ajuste considerado y el tipo de cálculo.

Tabla 16*Análisis de medición*

Registro de datos extraídos para el uso del aplicativo ABAKAL IRI						
N° de viaje	Carril	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	Coef. de ajuste	Tipo de cálculo
1	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
2	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
3	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
4	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
5	Derecho	Gama Alta	-	35 psi	2,0	estadístico
6	Izquierdo	Gama Alta	-	35 psi	2,0	estadístico

N° de viaje	Carril	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	Coef. de ajuste	Tipo de cálculo
7	Derecho	Gama Baja	-	35 psi	2,0	estadístico
8	Izquierdo	Gama Baja	-	35 psi	2,0	estadístico
9	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
10	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
11	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
12	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
13	Derecho	Gama Alta	-	25 psi	2,0	estadístico
14	Izquierdo	Gama Alta	-	25 psi	2,0	estadístico
15	Derecho	Gama Baja	-	25 psi	2,0	estadístico
16	Izquierdo	Gama Baja	-	25 psi	2,0	estadístico

En la tabla 16 indica el Resumen de viajes del 17 al 32, realizado con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2014 que se realizaron las diferentes combinaciones, denominamos con un nombre particular como smartphone Gama Alta a smartphone Huawei P30 y smartphone Gama Baja a Samsung Galaxy A10s, además el coeficiente de ajuste considerado y el tipo de cálculo.

Tabla 17

Parámetros de medición

Registro de datos extraídos para el uso del aplicativo ABAKAL IRI						
N° de viaje	Carril	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	Coef. de ajuste	Tipo de cálculo
17	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
18	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
19	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
20	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 psi	2,0	estadístico
21	Derecho	Gama Alta	-	35 psi	2,0	estadístico
22	Izquierdo	Gama Alta	-	35 psi	2,0	estadístico

N° de viaje	Carril	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	Coef. de ajuste	Tipo de cálculo
23	Derecho	Gama Baja	-	35 psi	2,0	estadístico
24	Izquierdo	Gama Baja	-	35 psi	2,0	estadístico
25	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
26	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
27	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
28	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 psi	2,0	estadístico
29	Derecho	Gama Alta	-	25 psi	2,0	estadístico
30	Izquierdo	Gama Alta	-	25 psi	2,0	estadístico
31	Derecho	Gama Baja	-	25 psi	2,0	estadístico
32	Izquierdo	Gama Baja	-	25 psi	2,0	estadístico

La Tabla 18, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 18

Viaje 1 carril derecho con carga con presión 35 psi y gama alta

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - con carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088285	-70.326883	338.62	77.93	0+000 - 0+100	1,54	
-18.089039	-70.327546	337.04	75.72	0+100 - 0+200	2,50	1,95
-18.089738	-70.328183	334.57	74.32	0+200 - 0+300	1,56	
-18.090447	-70.328822	332.21	75.68	0+300 - 0+400	2,18	
-18.091171	-70.329468	329.67	76.74	0+400 - 0+500	2,51	
-18.091894	-70.330122	327.42	75.33	0+500 - 0+600	1,92	2,48
-18.092607	-70.330762	325.12	74.75	0+600 - 0+700	2,00	
-18.093306	-70.331387	322.49	73.02	0+700 - 0+800	3,50	
-18.094005	-70.332015	319.55	74.48	0+800 - 0+900	2,79	
-18.094718	-70.332660	317.25	75.34	0+900 - 1+000	2,31	2,62
-18.095438	-70.333306	315.23	75.37	1+000 - 1+100	2,57	
-18.096157	-70.333951	312.87	75.58	1+100 - 1+200	2,81	
-18.096874	-70.334589	310.43	75.13	1+200 - 1+300	2,10	
-18.097587	-70.335230	308.44	74.88	1+300 - 1+400	2,22	2,26
-18.098304	-70.335878	305.98	75.14	1+400 - 1+500	2,50	
-18.099024	-70.336523	304.26	75.65	1+500 - 1+600	2,20	
-18.099745	-70.337174	302.41	74.90	1+600 - 1+700	3,50	
-18.100452	-70.337815	300.39	73.69	1+700 - 1+800	4,70	3,72
-18.101146	-70.338452	298.38	72.33	1+800 - 1+900	3,66	
-18.101689	-70.338973	298.55	74.55	1+900 - 2+000	3,01	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 19, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 19

Viaje 2 carril izquierdo con carga con presión 35 psi y gama alta

Vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - con carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100226	-70.337578	307.72	75.02	0+000 - 0+100	3,81	
-18.099506	-70.336924	309.63	76.47	0+100 - 0+200	4,40	3,80
-18.098791	-70.336284	312.49	74.66	0+200 - 0+300	3,00	
-18.098070	-70.335635	314.59	75.04	0+300 - 0+400	4,00	
-18.097349	-70.334986	316.87	76.47	0+400 - 0+500	4,62	
-18.096634	-70.334340	318.66	76.18	0+500 - 0+600	4,46	3,69
-18.095910	-70.333691	320.59	75.84	0+600 - 0+700	3,27	
-18.095200	-70.333054	322.70	74.56	0+700 - 0+800	2,40	
-18.094479	-70.332412	325.05	75.07	0+800 - 0+900	2,96	
-18.093758	-70.331768	326.82	74.71	0+900 - 1+000	4,19	4,34
-18.093044	-70.331130	328.16	75.35	1+000 - 1+100	4,19	
-18.092326	-70.330483	330.32	75.70	1+100 - 1+200	6,00	
-18.091608	-70.329832	331.59	75.45	1+200 - 1+300	5,15	
-18.090898	-70.329189	333.04	74.88	1+300 - 1+400	5,20	4,52
-18.090193	-70.328558	334.15	73.73	1+400 - 1+500	3,87	
-18.089488	-70.327923	335.20	74.34	1+500 - 1+600	3,86	
-18.088774	-70.327285	336.41	74.81	1+600 - 1+700	3,10	
-18.088062	-70.326650	338.26	74.98	1+700 - 1+800	4,84	3,56
-18.087391	-70.325988	344.70	75.66	1+800 - 1+900	3,66	
-18.088771	-70.327312	336.01	75.00	1+900 - 2+000	2,64	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 20, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 20

Viaje 3 carril derecho con carga con presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - con carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088060	-70.326648	336.70	71.24	0+000 - 0+100	3,96	
-18.088872	-70.327373	332.60	70.77	0+100 - 0+200	2,39	2,95
-18.089575	-70.328013	330.30	74.88	0+200 - 0+300	2,33	
-18.090298	-70.328665	327.30	76.32	0+300 - 0+400	3,11	
-18.090990	-70.329295	332.30	73.56	0+400 - 0+500	2,73	
-18.091670	-70.329905	334.00	72.97	0+500 - 0+600	2,41	3,00
-18.092373	-70.330532	334.40	75.96	0+600 - 0+700	2,48	
-18.093102	-70.331187	332.80	77.18	0+700 - 0+800	4,36	
-18.093810	-70.331830	328.90	73.09	0+800 - 0+900	3,53	
-18.094505	-70.332448	325.20	72.31	0+900 - 1+000	3,20	3,10
-18.095220	-70.333088	321.90	76.88	1+000 - 1+100	2,29	
-18.095938	-70.333733	319.20	75.14	1+100 - 1+200	3,39	
-18.096652	-70.334368	316.40	73.91	1+200 - 1+300	3,31	
-18.097357	-70.335005	313.30	74.06	1+300 - 1+400	2,38	2,87
-18.098065	-70.335648	311.50	75.37	1+400 - 1+500	2,70	
-18.098795	-70.336307	309.90	78.03	1+500 - 1+600	3,09	
-18.099517	-70.336962	308.30	73.67	1+600 - 1+700	2,70	
-18.100223	-70.337597	306.20	74.32	1+700 - 1+800	4,88	2,83
-18.101004	-70.338305	301.11	78.69	1+800 - 1+900	1,91	
-18.101678	-70.338977	299.23	75.12	1+900 - 2+000	1,83	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 21, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 21

Viaje 4 carril izquierdo con carga con presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - con carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100272	-70.337592	306.30	75.80	0+000 - 0+100	2,72	
-18.099565	-70.336940	307.70	73.71	0+100 - 0+200	5,20	3,41
-18.098858	-70.336302	309.70	74.32	0+200 - 0+300	2,69	
-18.098145	-70.335665	311.60	75.27	0+300 - 0+400	3,04	
-18.097423	-70.335012	314.10	76.32	0+400 - 0+500	3,46	
-18.096705	-70.334360	316.30	75.45	0+500 - 0+600	5,07	3,40
-18.095990	-70.333723	317.00	75.31	0+600 - 0+700	3,24	
-18.095273	-70.333078	319.20	76.60	0+700 - 0+800	1,82	
-18.094547	-70.332428	321.30	76.69	0+800 - 0+900	2,51	
-18.093817	-70.331777	323.50	76.18	0+900 - 1+000	4,36	4,30
-18.093092	-70.331122	326.40	75.47	1+000 - 1+100	4,32	
-18.092385	-70.330478	329.00	74.17	1+100 - 1+200	6,00	
-18.091682	-70.329843	331.90	74.60	1+200 - 1+300	6,00	
-18.090973	-70.329207	333.90	75.23	1+300 - 1+400	4,02	4,02
-18.090253	-70.328567	335.10	75.85	1+400 - 1+500	3,21	
-18.089530	-70.327918	336.10	76.30	1+500 - 1+600	2,84	
-18.088807	-70.327257	340.00	75.84	1+600 - 1+700	2,86	
-18.088090	-70.326612	342.60	75.08	1+700 - 1+800	4,59	3,31
-18.087387	-70.325985	343.90	73.48	1+800 - 1+900	3,22	
-18.088773	-70.327311	337.50	76.34	1+900 - 2+000	2,55	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 22, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 22

Viaje 5 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama alta

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - sin carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088055	-70.326643	336.71	73.37	0+000 - 0+100	1,54	
-18.088869	-70.327371	332.60	75.20	0+100 - 0+200	2,61	1,96
-18.089571	-70.328010	330.31	72.41	0+200 - 0+300	1,52	
-18.090293	-70.328661	327.32	71.32	0+300 - 0+400	2,17	
-18.090984	-70.329291	332.32	76.04	0+400 - 0+500	2,47	
-18.091664	-70.329902	334.02	73.55	0+500 - 0+600	1,94	
-18.092373	-70.330529	334.41	75.77	0+600 - 0+700	2,03	2,50
-18.093101	-70.331184	332.81	77.77	0+700 - 0+800	3,54	
-18.093790	-70.331827	328.92	73.85	0+800 - 0+900	2,86	
-18.094501	-70.332445	325.23	74.08	0+900 - 1+000	2,54	2,69
-18.095218	-70.333085	321.91	78.10	1+000 - 1+100	2,44	
-18.095931	-70.333730	319.22	71.99	1+100 - 1+200	2,91	
-18.096648	-70.334364	316.43	76.91	1+200 - 1+300	2,11	
-18.097352	-70.335001	313.32	77.09	1+300 - 1+400	2,33	2,34
-18.098062	-70.335642	311.52	76.54	1+400 - 1+500	2,61	
-18.098791	-70.336302	309.93	77.10	1+500 - 1+600	2,31	
-18.099512	-70.336961	308.32	72.82	1+600 - 1+700	3,33	
-18.100220	-70.337593	306.23	74.87	1+700 - 1+800	4,90	3,05
-18.101008	-70.338309	303.55	78.21	1+800 - 1+900	1,96	
-18.101674	-70.338974	298.99	76.49	1+900 - 2+000	2,01	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 23, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 23

Viaje 6 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama alta

vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088285	-70.326883	338.62	77.93	0+000 - 0+100	1,54	
-18.089039	-70.327546	337.04	75.72	0+100 - 0+200	2,50	1,95
-18.089738	-70.328183	334.57	74.32	0+200 - 0+300	1,56	
-18.090447	-70.328822	332.21	75.68	0+300 - 0+400	2,18	
-18.091171	-70.329468	329.67	76.74	0+400 - 0+500	2,51	
-18.091894	-70.330122	327.42	75.33	0+500 - 0+600	1,92	2,48
-18.092607	-70.330762	325.12	74.75	0+600 - 0+700	2,00	
-18.093306	-70.331387	322.49	73.02	0+700 - 0+800	3,50	
-18.094005	-70.332015	319.55	74.48	0+800 - 0+900	2,79	
-18.094718	-70.332660	317.25	75.34	0+900 - 1+000	2,31	2,62
-18.095438	-70.333306	315.23	75.37	1+000 - 1+100	2,57	
-18.096157	-70.333951	312.87	75.58	1+100 - 1+200	2,81	
-18.096874	-70.334589	310.43	75.13	1+200 - 1+300	2,10	
-18.097587	-70.335230	308.44	74.88	1+300 - 1+400	2,22	2,26
-18.098304	-70.335878	305.98	75.14	1+400 - 1+500	2,50	
-18.099024	-70.336523	304.26	75.65	1+500 - 1+600	2,20	
-18.099745	-70.337174	302.41	74.90	1+600 - 1+700	3,50	
-18.100452	-70.337815	300.39	73.69	1+700 - 1+800	4,70	3,63
-18.101146	-70.338452	298.38	72.33	1+800 - 1+900	3,66	
-18.088780	-70.327309	338.44	73.17	1+900 - 2+000	2,67	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 24, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 24

Viaje 7 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - sin carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088007	-70.326620	343.60	75.71	0+000 - 0+100	3,01	
-18.088723	-70.327263	341.50	76.75	0+100 - 0+200	2,39	2,52
-18.089440	-70.327900	338.70	73.63	0+200 - 0+300	2,05	
-18.090133	-70.328528	337.90	73.27	0+300 - 0+400	2,62	
-18.090835	-70.329163	336.50	74.42	0+400 - 0+500	2,69	
-18.091553	-70.329805	334.10	76.29	0+500 - 0+600	2,93	2,88
-18.092283	-70.330457	332.40	77.12	0+600 - 0+700	2,27	
-18.092993	-70.331098	329.90	72.73	0+700 - 0+800	3,62	
-18.093813	-70.331830	327.00	72.49	0+800 - 0+900	4,12	
-18.094525	-70.332482	326.90	75.99	0+900 - 1+000	3,73	3,56
-18.095253	-70.333142	326.40	76.08	1+000 - 1+100	2,79	
-18.095967	-70.333780	323.10	73.91	1+100 - 1+200	3,58	
-18.096668	-70.334393	319.90	72.45	1+200 - 1+300	2,17	
-18.097370	-70.335022	317.20	74.21	1+300 - 1+400	2,10	2,50
-18.098083	-70.335658	315.30	75.23	1+400 - 1+500	2,86	
-18.098812	-70.336328	314.80	77.03	1+500 - 1+600	2,87	
-18.099543	-70.336988	313.30	76.65	1+600 - 1+700	3,11	
-18.100272	-70.337638	310.70	75.32	1+700 - 1+800	5,41	3,12
-18.101009	-70.338315	305.54	77.10	1+800 - 1+900	2,02	
-18.101679	-70.338981	298.22	74.96	1+900 - 2+000	1,95	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 25, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 25

Viaje 8 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100492	-70.337778	309.00	73.51	0+000 - 0+100	3,51	
-18.099770	-70.337120	310.50	77.04	0+100 - 0+200	4,32	3,40
-18.099055	-70.336475	311.90	74.56	0+200 - 0+300	2,88	
-18.098350	-70.335840	314.10	74.81	0+300 - 0+400	2,90	
-18.097640	-70.335197	316.10	74.65	0+400 - 0+500	3,04	
-18.096918	-70.334553	317.20	75.71	0+500 - 0+600	4,07	3,20
-18.096195	-70.333905	318.10	76.02	0+600 - 0+700	3,49	
-18.095475	-70.333262	319.80	75.47	0+700 - 0+800	2,19	
-18.094753	-70.332607	321.80	75.79	0+800 - 0+900	2,12	
-18.094033	-70.331960	325.10	75.69	0+900 - 1+000	3,47	3,64
-18.093317	-70.331327	326.90	75.14	1+000 - 1+100	3,77	
-18.092608	-70.330687	328.40	74.22	1+100 - 1+200	5,21	
-18.091903	-70.330050	330.70	73.30	1+200 - 1+300	5,75	
-18.091215	-70.329427	333.80	73.12	1+300 - 1+400	3,63	4,22
-18.090513	-70.328797	335.60	75.11	1+400 - 1+500	4,76	
-18.089790	-70.328150	337.20	75.30	1+500 - 1+600	2,74	
-18.089082	-70.327520	338.90	71.80	1+600 - 1+700	2,82	
-18.088357	-70.326855	342.40	52.02	1+700 - 1+800	3,63	3,11
-18.087393	-70.325985	344.05	72.13	1+800 - 1+900	3,11	
-18.088777	-70.327317	338.75	76.14	1+900 - 2+000	2,87	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 26, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 26

Viaje 9 carril derecho con carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - con carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088229	-70.326838	336.42	73.13	0+000 - 0+100	1,91	
-18.088921	-70.327451	332.11	74.88	0+100 - 0+200	1,85	1,71
-18.089633	-70.328088	331.85	78.17	0+200 - 0+300	1,88	
-18.090351	-70.328711	330.17	76.14	0+300 - 0+400	1,19	
-18.091066	-70.329357	329.02	76.46	0+400 - 0+500	2,21	
-18.091762	-70.329982	325.66	75.00	0+500 - 0+600	2,29	2,23
-18.092461	-70.330633	322.17	74.18	0+600 - 0+700	1,81	
-18.093177	-70.331261	322.14	76.35	0+700 - 0+800	2,61	
-18.093889	-70.331905	321.99	76.76	0+800 - 0+900	3,54	
-18.094607	-70.332550	317.65	76.48	0+900 - 1+000	2,47	2,56
-18.095319	-70.333193	317.66	79.03	1+000 - 1+100	1,56	
-18.096039	-70.333841	313.74	74.34	1+100 - 1+200	2,65	
-18.096753	-70.334472	314.94	76.98	1+200 - 1+300	1,84	
-18.097458	-70.335114	312.12	75.44	1+300 - 1+400	1,44	1,80
-18.098173	-70.335751	309.56	74.22	1+400 - 1+500	2,10	
-18.098893	-70.336393	308.01	75.24	1+500 - 1+600	1,80	
-18.099592	-70.337033	303.45	76.44	1+600 - 1+700	1,50	
-18.100292	-70.337671	302.02	73.19	1+700 - 1+800	3,66	2,79
-18.101004	-70.338309	300.45	74.98	1+800 - 1+900	2,78	
-18.101684	-70.338979	299.16	74.63	1+900 - 2+000	3,22	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 27, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 27

Viaje 10 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - con carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100345	-70.337660	312.20	76.13	0+000 - 0+100	2,91	
-18.099639	-70.337022	314.00	75.13	0+100 - 0+200	3,33	2,64
-18.098928	-70.336386	310.97	76.82	0+200 - 0+300	1,88	
-18.098218	-70.335751	316.52	77.50	0+300 - 0+400	2,44	
-18.097503	-70.335110	318.71	77.50	0+400 - 0+500	2,33	
-18.096781	-70.334442	320.48	74.88	0+500 - 0+600	3,91	2,60
-18.096074	-70.333816	319.44	75.41	0+600 - 0+700	2,55	
-18.095375	-70.333187	320.57	78.17	0+700 - 0+800	1,60	
-18.094640	-70.332542	324.93	77.65	0+800 - 0+900	1,91	
-18.093928	-70.331915	328.30	73.65	0+900 - 1+000	3,76	3,70
-18.093246	-70.331277	330.91	76.33	1+000 - 1+100	4,23	
-18.092540	-70.330638	330.50	75.60	1+100 - 1+200	4,88	
-18.091852	-70.330013	329.64	75.42	1+200 - 1+300	5,01	
-18.091141	-70.329382	336.52	75.87	1+300 - 1+400	2,33	3,17
-18.090441	-70.328745	338.20	72.78	1+400 - 1+500	2,88	
-18.089750	-70.328115	341.31	74.88	1+500 - 1+600	2,47	
-18.089038	-70.327474	342.88	77.84	1+600 - 1+700	2,33	
-18.088324	-70.326831	341.07	74.83	1+700 - 1+800	3,93	2,67
-18.087622	-70.326197	348.22	75.56	1+800 - 1+900	1,75	
-18.088783	-70.327320	340.04	73.26	1+900 - 2+000	2,65	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 28, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 28

Viaje 11 carril derecho con carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - con carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.087777	-70.326425	338.30	74.10	0+000 - 0+100	2,06	
-18.088483	-70.327048	333.70	71.82	0+100 - 0+200	1,43	1,72
-18.089177	-70.327667	332.40	73.78	0+200 - 0+300	2,22	
-18.089878	-70.328300	330.90	74.21	0+300 - 0+400	1,17	
-18.090583	-70.328935	330.00	73.37	0+400 - 0+500	2,86	
-18.091283	-70.329560	328.60	73.63	0+500 - 0+600	2,23	2,10
-18.091988	-70.330200	326.30	75.60	0+600 - 0+700	1,25	
-18.092708	-70.330857	324.40	75.87	0+700 - 0+800	2,04	
-18.093410	-70.331498	322.20	72.95	0+800 - 0+900	3,24	
-18.094102	-70.332127	320.30	74.10	0+900 - 1+000	3,48	2,71
-18.094827	-70.332760	318.70	76.04	1+000 - 1+100	1,30	
-18.095555	-70.333407	316.50	75.47	1+100 - 1+200	2,80	
-18.096268	-70.334045	315.00	74.26	1+200 - 1+300	2,27	
-18.096970	-70.334683	313.50	74.94	1+300 - 1+400	1,48	1,88
-18.097678	-70.335317	312.60	74.51	1+400 - 1+500	1,93	
-18.098378	-70.335940	314.00	72.11	1+500 - 1+600	1,82	
-18.099075	-70.336565	314.90	74.09	1+600 - 1+700	1,57	
-18.099787	-70.337212	314.60	75.52	1+700 - 1+800	2,65	2,48
-18.100493	-70.337842	313.30	73.30	1+800 - 1+900	3,82	
-18.101688	-70.338983	299.19	75.85	1+900 - 2+000	1,88	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 29, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 29

Viaje 12 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - con carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100333	-70.337645	310.70	74.08	0+000 - 0+100	2,88	
-18.099630	-70.337017	312.60	74.04	0+100 - 0+200	3,52	
-18.098925	-70.336383	313.10	75.27	0+200 - 0+300	1,93	2,71
-18.098207	-70.335742	314.50	75.73	0+300 - 0+400	2,50	
-18.097488	-70.335093	315.70	76.84	0+400 - 0+500	2,40	
-18.096772	-70.334440	318.50	74.41	0+500 - 0+600	3,97	
-18.096072	-70.333805	321.10	74.53	0+600 - 0+700	2,61	2,61
-18.095363	-70.333175	322.70	76.12	0+700 - 0+800	1,44	
-18.094638	-70.332525	325.10	76.56	0+800 - 0+900	1,87	
-18.093923	-70.331900	326.80	72.77	0+900 - 1+000	3,69	
-18.093235	-70.331268	327.90	74.78	1+000 - 1+100	4,04	3,54
-18.092528	-70.330635	329.10	73.83	1+100 - 1+200	4,56	
-18.091835	-70.330008	331.30	73.37	1+200 - 1+300	5,83	
-18.091132	-70.329367	334.50	74.78	1+300 - 1+400	2,22	
-18.090438	-70.328733	336.70	72.12	1+400 - 1+500	2,82	3,31
-18.089738	-70.328110	338.30	74.41	1+500 - 1+600	2,35	
-18.089023	-70.327465	340.90	75.79	1+600 - 1+700	2,23	
-18.088313	-70.326828	343.20	73.74	1+700 - 1+800	3,84	
-18.087610	-70.326192	346.20	73.79	1+800 - 1+900	1,93	2,69
-18.088768	-70.327308	338.64	71.71	1+900 - 2+000	2,74	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 30, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 30

Viaje 13 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - sin carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.087996	-70.326618	339.50	76.94	0+000 - 0+100	2,66	
-18.088714	-70.327265	338.10	76.60	0+100 - 0+200	3,01	2,38
-18.089439	-70.327912	332.27	74.88	0+200 - 0+300	2,20	
-18.090137	-70.328543	334.32	77.35	0+300 - 0+400	1,64	
-18.090850	-70.329178	333.21	75.12	0+400 - 0+500	2,14	
-18.091561	-70.329830	329.08	75.64	0+500 - 0+600	2,45	2,34
-18.09229	-70.330471	324.24	77.74	0+600 - 0+700	2,01	
-18.092983	-70.331111	322.37	75.29	0+700 - 0+800	2,74	
-18.093828	-70.331853	322.13	74.40	0+800 - 0+900	3,13	
-18.094535	-70.332490	321.90	75.62	0+900 - 1+000	2,53	2,80
-18.095249	-70.333134	321.11	75.83	1+000 - 1+100	2,44	
-18.095946	-70.333777	317.10	75.20	1+100 - 1+200	3,09	
-18.096648	-70.334415	312.04	78.33	1+200 - 1+300	2,10	
-18.097369	-70.335043	313.22	75.53	1+300 - 1+400	2,45	2,60
-18.098090	-70.335683	310.70	75.55	1+400 - 1+500	2,76	
-18.098793	-70.336330	310.41	75.41	1+500 - 1+600	3,08	
-18.099510	-70.336973	307.18	78.58	1+600 - 1+700	2,55	
-18.100242	-70.337640	300.87	76.20	1+700 - 1+800	4,15	2,89
-18.101003	-70.338306	308.16	79.54	1+800 - 1+900	2,19	
-18.101666	-70.338974	300.51	77.43	1+900 - 2+000	2,66	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 31, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 31

Viaje 14 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100238	-70.337593	309.22	77.07	0+000 - 0+100	3,92	
-18.099515	-70.336929	311.03	77.56	0+100 - 0+200	4,43	3,75
-18.098794	-70.336287	310.36	76.21	0+200 - 0+300	2,98	
-18.098081	-70.335644	316.61	76.81	0+300 - 0+400	3,67	
-18.097364	-70.335003	319.88	77.13	0+400 - 0+500	4,43	
-18.096643	-70.334342	320.64	76.65	0+500 - 0+600	4,56	3,71
-18.095912	-70.333702	318.93	76.72	0+600 - 0+700	3,33	
-18.095212	-70.333066	320.57	76.61	0+700 - 0+800	2,53	
-18.094481	-70.332429	324.88	76.16	0+800 - 0+900	3,06	
-18.093763	-70.331783	328.32	75.59	0+900 - 1+000	4,25	4,19
-18.093055	-70.331139	331.17	76.90	1+000 - 1+100	4,35	
-18.092338	-70.330486	331.72	77.47	1+100 - 1+200	5,10	
-18.091625	-70.329837	329.93	77.50	1+200 - 1+300	4,66	
-18.090907	-70.329204	335.06	75.97	1+300 - 1+400	4,99	4,19
-18.090196	-70.328570	335.65	74.39	1+400 - 1+500	3,66	
-18.089500	-70.327928	338.21	74.81	1+500 - 1+600	3,45	
-18.088789	-70.327294	338.39	76.86	1+600 - 1+700	3,10	
-18.088073	-70.326653	336.13	76.07	1+700 - 1+800	4,44	3,32
-18.087403	-70.325993	346.72	77.43	1+800 - 1+900	3,17	
-18.088786	-70.327324	337.41	76.55	1+900 - 2+000	2,55	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 32, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 32

Viaje 15 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril derecho (bajada) - sin carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088238	-70.326842	334.44	72.95	0+000 - 0+100	1,80	
-18.088926	-70.327455	331.72	74.16	0+100 - 0+200	1,81	1,70
-18.089629	-70.328076	330.86	73.57	0+200 - 0+300	1,86	
-18.090344	-70.328710	329.76	75.86	0+300 - 0+400	1,34	
-18.091055	-70.329354	327.42	73.47	0+400 - 0+500	2,25	
-18.091758	-70.329994	325.46	74.88	0+500 - 0+600	2,23	2,17
-18.092468	-70.330623	323.96	73.48	0+600 - 0+700	1,64	
-18.093171	-70.331254	322.18	75.09	0+700 - 0+800	2,57	
-18.093884	-70.331902	320.26	75.70	0+800 - 0+900	3,62	
-18.094601	-70.332549	318.10	76.06	0+900 - 1+000	2,41	2,53
-18.095326	-70.333189	316.66	75.65	1+000 - 1+100	1,48	
-18.096034	-70.333833	314.31	73.26	1+100 - 1+200	2,61	
-18.096747	-70.334467	312.50	75.34	1+200 - 1+300	1,84	
-18.097454	-70.335122	310.13	75.54	1+300 - 1+400	1,62	1,86
-18.098168	-70.335757	308.20	76.17	1+400 - 1+500	2,15	
-18.098887	-70.336394	306.26	75.25	1+500 - 1+600	1,82	
-18.099587	-70.337024	303.97	73.78	1+600 - 1+700	1,50	
-18.100293	-70.337662	301.65	74.83	1+700 - 1+800	3,59	2,74
-18.101005	-70.338302	299.95	74.60	1+800 - 1+900	2,68	
-18.101678	-70.338974	298.04	74.99	1+900 - 2+000	3,17	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 33, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 33

Viaje 16 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2021 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100068	-70.337388	311.80	71.55	0+000 - 0+100	2,69	
-18.099368	-70.336763	313.50	73.58	0+100 - 0+200	2,78	2,30
-18.098672	-70.336135	314.30	73.71	0+200 - 0+300	1,64	
-18.097965	-70.335508	315.90	74.53	0+300 - 0+400	2,07	
-18.097255	-70.334872	317.00	74.17	0+400 - 0+500	2,91	
-18.096552	-70.334237	318.70	73.10	0+500 - 0+600	3,34	2,36
-18.09585	-70.333598	320.20	74.67	0+600 - 0+700	1,79	
-18.095137	-70.332957	321.90	75.16	0+700 - 0+800	1,40	
-18.094422	-70.332307	324.80	76.05	0+800 - 0+900	1,71	
-18.093702	-70.331662	327.10	76.06	0+900 - 1+000	2,64	3,02
-18.092992	-70.331032	328.20	73.75	1+000 - 1+100	2,90	
-18.092288	-70.330397	329.80	74.47	1+100 - 1+200	4,82	
-18.091578	-70.329763	330.90	74.38	1+200 - 1+300	4,50	
-18.090870	-70.329133	333.20	74.75	1+300 - 1+400	3,77	3,19
-18.090162	-70.328493	335.50	74.51	1+400 - 1+500	2,62	
-18.089447	-70.327852	337.90	74.77	1+500 - 1+600	1,87	
-18.088735	-70.327210	339.20	74.71	1+600 - 1+700	2,23	
-18.088017	-70.326580	341.70	74.77	1+700 - 1+800	3,67	2,62
-18.087600	-70.326190	348.13	78.65	1+800 - 1+900	2,01	
-18.088764	-70.327304	339.14	74.89	1+900 - 2+000	2,55	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 34, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 34

Viaje 17 carril derecho con carga presión 35 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - con carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088422	-70.326982	338.74	75.36	0+000 - 0+100	0,55	
-18.089149	-70.327639	336.86	74.70	0+100 - 0+200	0,60	0,53
-18.089845	-70.328266	334.49	73.57	0+200 - 0+300	0,40	
-18.090566	-70.328909	331.49	76.55	0+300 - 0+400	0,57	
-18.091284	-70.329554	328.58	74.73	0+400 - 0+500	0,64	
-18.092000	-70.330198	325.81	74.45	0+500 - 0+600	0,80	1,20
-18.092708	-70.330831	322.95	75.43	0+600 - 0+700	0,97	
-18.093429	-70.331478	320.71	75.48	0+700 - 0+800	2,38	
-18.094142	-70.332122	318.15	74.23	0+800 - 0+900	3,45	
-18.094858	-70.332771	316.96	74.48	0+900 - 1+000	1,10	1,74
-18.095564	-70.333401	315.25	73.36	1+000 - 1+100	0,79	
-18.096281	-70.334040	313.46	76.52	1+100 - 1+200	1,60	
-18.097001	-70.334684	310.44	74.42	1+200 - 1+300	0,86	
-18.097723	-70.335326	307.23	75.99	1+300 - 1+400	0,85	1,07
-18.098452	-70.335975	305.59	75.06	1+400 - 1+500	1,63	
-18.099159	-70.336607	304.58	74.10	1+500 - 1+600	0,94	
-18.099860	-70.337233	304.36	75.94	1+600 - 1+700	4,49	
-18.100583	-70.337888	303.17	77.74	1+700 - 1+800	3,15	3,71
-18.101011	-70.338309	300.36	77.08	1+800 - 1+900	3,40	
-18.101681	-70.338982	299.91	75.36	1+900 - 2+000	3,81	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 35, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 35

Viaje 18 carril izquierdo con carga presión 35 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - con carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.102169	-70.339542	298.57	76.03	0+000 - 0+100	3,66	
-18.101538	-70.338793	300.42	75.61	0+100 - 0+200	3,21	3,97
-18.100843	-70.338120	302.53	74.84	0+200 - 0+300	4,38	
-18.100125	-70.337474	304.17	76.31	0+300 - 0+400	4,62	
-18.099432	-70.336804	306.08	73.03	0+400 - 0+500	4,22	
-18.098718	-70.336177	308.65	74.33	0+500 - 0+600	2,11	3,25
-18.097994	-70.335545	311.23	75.52	0+600 - 0+700	2,81	
-18.097269	-70.334905	313.73	74.74	0+700 - 0+800	3,85	
-18.096547	-70.334260	315.57	74.20	0+800 - 0+900	3,68	
-18.095848	-70.333630	317.99	73.46	0+900 - 1+000	2,47	2,55
-18.095141	-70.332995	320.05	74.90	1+000 - 1+100	1,87	
-18.094425	-70.332349	322.22	74.12	1+100 - 1+200	2,18	
-18.093721	-70.331730	323.71	74.19	1+200 - 1+300	3,55	
-18.093009	-70.331095	325.33	75.19	1+300 - 1+400	3,66	4,21
-18.092309	-70.330468	326.59	74.21	1+400 - 1+500	5,16	
-18.091597	-70.329857	327.90	75.43	1+500 - 1+600	4,46	
-18.090873	-70.329219	330.18	75.09	1+600 - 1+700	3,99	
-18.090163	-70.328590	331.80	74.76	1+700 - 1+800	2,80	2,94
-18.089466	-70.327954	333.48	74.55	1+800 - 1+900	2,35	
-18.088770	-70.327310	335.43	74.75	1+900 - 2+000	2,60	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 36, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 36

Viaje 19 carril derecho con carga presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - con carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.099933	-70.337310	307.67	76.27	0+000 - 0+100	1,84	
-18.099229	-70.336664	310.17	73.98	0+100 - 0+200	1,90	1,73
-18.098500	-70.336018	309.26	75.08	0+200 - 0+300	1,44	
-18.097809	-70.335392	316.42	76.62	0+300 - 0+400	1,75	
-18.097100	-70.334757	319.32	75.70	0+400 - 0+500	1,63	
-18.096377	-70.334097	319.39	75.99	0+500 - 0+600	1,55	1,21
-18.095662	-70.333475	316.85	74.80	0+600 - 0+700	0,82	
-18.094972	-70.332839	317.94	77.18	0+700 - 0+800	0,85	
-18.094254	-70.332208	321.60	74.78	0+800 - 0+900	1,43	
-18.093549	-70.331588	324.88	74.51	0+900 - 1+000	2,12	2,07
-18.092842	-70.330940	329.02	76.43	1+000 - 1+100	1,94	
-18.092142	-70.330296	330.37	74.15	1+100 - 1+200	2,77	
-18.091449	-70.329669	329.57	77.20	1+200 - 1+300	1,63	
-18.090724	-70.329034	335.81	74.38	1+300 - 1+400	1,47	1,51
-18.090021	-70.328409	337.59	73.82	1+400 - 1+500	1,96	
-18.089326	-70.327760	340.93	74.94	1+500 - 1+600	0,99	
-18.088615	-70.327108	341.66	77.91	1+600 - 1+700	0,84	
-18.087916	-70.326467	339.42	73.03	1+700 - 1+800	1,46	1,58
-18.087103	-70.325737	345.30	73.86	1+800 - 1+900	1,26	
-18.088789	-70.327327	336.00	75.30	1+900 - 2+000	2,77	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 37, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 37

Viaje 20 carril izquierdo con carga presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - con carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100365	-70.337625	314.90	76.53	0+000 - 0+100	4,44	
-18.099654	-70.337006	317.40	74.30	0+100 - 0+200	5,33	4,10
-18.098930	-70.336346	314.67	78.16	0+200 - 0+300	3,07	
-18.098237	-70.335724	320.62	74.12	0+300 - 0+400	3,56	
-18.097523	-70.335101	323.31	75.64	0+400 - 0+500	4,01	
-18.096806	-70.334464	323.58	75.89	0+500 - 0+600	4,89	3,63
-18.096084	-70.333814	321.74	74.92	0+600 - 0+700	3,50	
-18.095400	-70.333179	323.27	76.19	0+700 - 0+800	2,10	
-18.094677	-70.332544	327.13	75.43	0+800 - 0+900	2,38	
-18.093979	-70.331910	330.60	74.59	0+900 - 1+000	4,10	4,09
-18.093283	-70.331277	333.81	76.13	1+000 - 1+100	4,66	
-18.092567	-70.330649	333.40	75.76	1+100 - 1+200	5,22	
-18.091879	-70.330013	331.94	74.78	1+200 - 1+300	5,10	
-18.091157	-70.329382	337.62	76.39	1+300 - 1+400	2,14	3,36
-18.090451	-70.328747	339.30	73.19	1+400 - 1+500	3,33	
-18.089764	-70.328112	343.11	74.34	1+500 - 1+600	2,88	
-18.089058	-70.327489	344.28	76.76	1+600 - 1+700	3,19	
-18.088338	-70.326823	342.37	75.25	1+700 - 1+800	3,48	3,15
-18.087522	-70.326080	349.12	74.18	1+800 - 1+900	4,10	
-18.088776	-70.327328	339.86	76.72	1+900 - 2+000	1,84	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 38, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 38

Viaje 21 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - sin carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.087867	-70.326493	340.46	75.27	0+000 - 0+100	2,80	
-18.088577	-70.327131	337.69	72.97	0+100 - 0+200	2,25	2,32
-18.089282	-70.327763	334.96	74.63	0+200 - 0+300	2,81	
-18.090003	-70.328410	332.43	74.08	0+300 - 0+400	1,42	
-18.090715	-70.329053	329.75	75.80	0+400 - 0+500	2,22	
-18.091435	-70.329700	327.58	74.49	0+500 - 0+600	2,53	2,41
-18.092152	-70.330341	325.12	75.23	0+600 - 0+700	1,72	
-18.092862	-70.330977	322.76	74.38	0+700 - 0+800	3,18	
-18.093575	-70.331617	320.41	74.71	0+800 - 0+900	3,10	
-18.094289	-70.332256	318.00	74.01	0+900 - 1+000	3,47	2,87
-18.094989	-70.332873	315.75	75.19	1+000 - 1+100	1,96	
-18.095694	-70.333501	313.86	73.74	1+100 - 1+200	2,94	
-18.096393	-70.334125	311.92	72.80	1+200 - 1+300	2,50	
-18.097077	-70.334742	310.25	72.90	1+300 - 1+400	1,85	2,63
-18.097896	-70.335478	308.08	72.22	1+400 - 1+500	2,27	
-18.098603	-70.336093	306.30	76.07	1+500 - 1+600	3,90	
-18.099321	-70.336734	304.65	74.15	1+600 - 1+700	2,17	
-18.100005	-70.337369	302.93	72.40	1+700 - 1+800	4,25	2,82
-18.100700	-70.338007	301.08	73.98	1+800 - 1+900	2,98	
-18.101688	-70.338972	299.21	71.76	1+900 - 2+000	1,89	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 39, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 39

Viaje 22 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 35 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.099921	-70.337295	306.17	74.22	0+000 - 0+100	1,64	
-18.099220	-70.336659	308.77	72.89	0+100 - 0+200	1,80	1,63
-18.098497	-70.336015	311.39	73.53	0+200 - 0+300	1,37	
-18.097798	-70.335383	314.40	74.85	0+300 - 0+400	1,70	
-18.097085	-70.334740	316.31	75.04	0+400 - 0+500	1,57	
-18.096368	-70.334095	317.41	75.52	0+500 - 0+600	1,46	1,21
-18.09566	-70.333464	318.51	73.92	0+600 - 0+700	0,92	
-18.094960	-70.332827	320.07	75.13	0+700 - 0+800	0,89	
-18.094252	-70.332191	321.77	73.69	0+800 - 0+900	1,41	
-18.093544	-70.331573	323.38	73.63	0+900 - 1+000	2,11	2,06
-18.092831	-70.330931	326.01	74.88	1+000 - 1+100	1,89	
-18.092130	-70.330293	328.97	72.38	1+100 - 1+200	2,81	
-18.091432	-70.329664	331.23	75.15	1+200 - 1+300	1,53	
-18.090715	-70.329019	333.79	73.29	1+300 - 1+400	1,40	1,33
-18.090018	-70.328397	336.09	73.16	1+400 - 1+500	1,48	
-18.089314	-70.327755	337.92	74.47	1+500 - 1+600	0,90	
-18.088600	-70.327099	339.68	75.86	1+600 - 1+700	1,24	
-18.087905	-70.326464	341.55	71.94	1+700 - 1+800	2,13	2,06
-18.087091	-70.325732	343.28	72.09	1+800 - 1+900	2,18	
-18.088774	-70.327315	334.60	73.75	1+900 - 2+000	2,67	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 40, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 40

Viaje 23 carril derecho sin carga presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - sin carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.087848	-70.326465	339.80	76.07	0+000 - 0+100	1,38	
-18.088573	-70.327128	337.60	74.77	0+100 - 0+200	0,60	0,84
-18.089277	-70.327768	335.00	73.17	0+200 - 0+300	0,96	
-18.089998	70.328422	331.80	73.09	0+300 - 0+400	0,40	
-18.090707	-70.329055	330.60	76.10	0+400 - 0+500	1,01	
-18.091428	-70.329698	328.20	75.32	0+500 - 0+600	1,17	1,01
-18.092143	-70.330335	326.30	75.93	0+600 - 0+700	0,82	
-18.092852	-70.330985	325.00	73.59	0+700 - 0+800	1,04	
-18.093565	-70.331628	323.30	75.97	0+800 - 0+900	0,86	0,84
-18.094277	-70.332270	321.50	74.86	0+900 - 1+000	0,73	
-18.094970	-70.332897	319.90	73.29	1+000 - 1+100	0,77	
-18.095683	-70.333533	319.20	73.30	1+100 - 1+200	1,00	
-18.096385	-70.334157	317.40	72.17	1+200 - 1+300	0,53	
-18.097195	-70.334890	314.10	70.49	1+300 - 1+400	0,41	0,54
-18.097877	-70.335505	311.90	72.93	1+400 - 1+500	0,63	
-18.098587	-70.336115	310.40	75.46	1+500 - 1+600	0,58	
-18.099313	-70.336748	308.60	74.26	1+600 - 1+700	1,54	
-18.100125	-70.337505	307.60	72.16	1+700 - 1+800	1,43	2,33
-18.100487	-70.337849	313.17	75.06	1+800 - 1+900	3,80	
-18.101693	-70.338984	299.44	76.88	1+900 - 2+000	2,55	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 41, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 41

Viaje 24 carril izquierdo sin carga presión 35 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 35 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100348	-70.337610	313.40	74.48	0+000 - 0+100	4,50	
-18.099645	-70.336987	316.00	73.21	0+100 - 0+200	5,24	4,08
-18.098927	-70.336343	316.80	76.61	0+200 - 0+300	3,11	
-18.098220	-70.335715	318.60	72.35	0+300 - 0+400	3,46	
-18.097512	-70.335082	320.30	74.98	0+400 - 0+500	4,16	
-18.096797	-70.334447	321.60	75.42	0+500 - 0+600	4,68	3,57
-18.096082	-70.333803	323.40	74.04	0+600 - 0+700	3,40	
-18.095383	-70.333167	325.40	74.14	0+700 - 0+800	2,03	
-18.094675	-70.332527	327.30	74.34	0+800 - 0+900	2,28	
-18.093972	-70.331895	329.10	73.71	0+900 - 1+000	4,03	4,16
-18.093263	-70.331268	330.80	74.58	1+000 - 1+100	5,03	
-18.092555	-70.330630	332.00	73.99	1+100 - 1+200	5,30	
-18.091862	-70.330008	333.60	72.73	1+200 - 1+300	6,00	
-18.091148	-70.329367	335.60	75.30	1+300 - 1+400	2,87	3,75
-18.090448	-70.328735	337.80	72.53	1+400 - 1+500	3,56	
-18.089752	-70.328107	340.10	73.87	1+500 - 1+600	2,58	
-18.089043	-70.327470	342.30	74.71	1+600 - 1+700	3,00	
-18.088327	-70.326820	344.50	74.16	1+700 - 1+800	3,92	3,47
-18.087503	-70.326075	347.10	72.41	1+800 - 1+900	4,28	
-18.088761	-70.327311	338.46	75.17	1+900 - 2+000	2,66	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 42, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 42

Viaje 25 carril derecho con carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - con carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088290	-70.326875	339.45	76.14	0+000 - 0+100	1,51	
-18.089039	-70.327542	338.14	75.84	0+100 - 0+200	2,33	2,02
-18.089745	-70.328188	335.12	74.99	0+200 - 0+300	1,70	
-18.090449	-70.328823	333.87	76.63	0+300 - 0+400	2,54	
-18.091164	-70.329465	330.59	74.14	0+400 - 0+500	2,14	
-18.091899	-70.330126	327.96	72.15	0+500 - 0+600	1,44	2,34
-18.092601	-70.330772	324.14	76.88	0+600 - 0+700	2,31	
-18.093307	-70.331395	322.97	76.66	0+700 - 0+800	3,47	
-18.094014	-70.332004	318.12	75.45	0+800 - 0+900	2,88	
-18.094719	-70.332661	317.17	75.12	0+900 - 1+000	2,41	2,71
-18.095433	-70.333307	316.46	71.15	1+000 - 1+100	2,65	
-18.096155	-70.333950	313.00	76.64	1+100 - 1+200	2,90	
-18.096868	-70.334599	310.14	75.77	1+200 - 1+300	2,22	
-18.097581	-70.335236	309.33	73.66	1+300 - 1+400	2,40	2,39
-18.098314	-70.335874	304.74	74.45	1+400 - 1+500	2,50	
-18.099014	-70.336529	304.02	78.12	1+500 - 1+600	2,44	
-18.099749	-70.337172	302.10	77.12	1+600 - 1+700	3,33	
-18.100458	-70.337818	301.35	74.47	1+700 - 1+800	4,12	3,52
-18.101148	-70.338455	398.14	72.34	1+800 - 1+900	3,55	
-18.101695	-70.338975	397.89	75.15	1+900 - 2+000	3,08	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 43, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros.

Tabla 43

Viaje 26 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - con carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.099917	-70.337293	307.14	75.42	0+000 - 0+100	1,85	
-18.099160	-70.336655	309.66	73.99	0+100 - 0+200	1,47	1,56
-18.098488	-70.336016	311.57	74.00	0+200 - 0+300	1,33	
-18.097795	-70.335388	314.63	75.14	0+300 - 0+400	1,60	
-18.097084	-70.334746	317.10	78.06	0+400 - 0+500	2,01	
-18.096362	-70.334093	317.88	76.81	0+500 - 0+600	1,25	1,27
-18.095657	-70.333461	318.66	74.33	0+600 - 0+700	0,93	
-18.094966	-70.332829	321.11	76.17	0+700 - 0+800	0,88	
-18.094244	-70.332199	322.44	74.74	0+800 - 0+900	1,50	
-18.093533	-70.331577	323.38	72.85	0+900 - 1+000	2,77	2,23
-18.092823	-70.330936	325.37	76.48	1+000 - 1+100	1,90	
-18.092137	-70.330299	328.74	73.55	1+100 - 1+200	2,75	
-18.091426	-70.329654	332.16	75.99	1+200 - 1+300	1,69	
-18.090711	-70.329026	334.78	74.84	1+300 - 1+400	1,58	1,61
-18.090013	-70.328399	337.45	74.56	1+400 - 1+500	1,68	
-18.089311	-70.327747	338.63	75.48	1+500 - 1+600	1,50	
-18.088610	-70.327095	340.14	76.33	1+600 - 1+700	1,75	
-18.087903	-70.326466	342.77	72.48	1+700 - 1+800	1,92	2,09
-18.087092	-70.325739	343.55	72.22	1+800 - 1+900	1,79	
-18.088784	-70.327311	337.22	74.59	1+900 - 2+000	2,89	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 44, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros

Tabla 44

Viaje 27 carril derecho con carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - con carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088008	-70.326633	338.00	74.89	0+000 - 0+100	2,59	
-18.088723	-70.327270	336.70	75.51	0+100 - 0+200	2,96	2,35
-18.089442	-70.327915	334.40	73.33	0+200 - 0+300	2,18	
-18.090148	-70.328552	332.30	75.58	0+300 - 0+400	1,67	
-18.090865	-70.329195	330.20	74.46	0+400 - 0+500	2,47	
-18.091570	-70.329832	327.10	75.17	0+500 - 0+600	2,38	2,46
-18.092292	-70.330482	325.90	76.86	0+600 - 0+700	1,92	
-18.092995	-70.331123	324.50	73.24	0+700 - 0+800	3,05	
-18.093830	-70.331870	322.30	73.31	0+800 - 0+900	3,35	
-18.094540	-70.332505	320.40	74.74	0+900 - 1+000	2,14	2,70
-18.095260	-70.333143	318.10	74.28	1+000 - 1+100	2,31	
-18.095958	-70.333780	315.70	73.43	1+100 - 1+200	2,99	
-18.096665	-70.334420	313.70	76.28	1+200 - 1+300	2,25	
-18.097378	-70.335058	311.20	74.44	1+300 - 1+400	2,28	2,54
-18.098093	-70.335695	309.20	74.89	1+400 - 1+500	2,61	
-18.098805	-70.336335	307.40	74.94	1+500 - 1+600	3,02	
-18.099525	-70.336982	305.20	76.53	1+600 - 1+700	2,76	
-18.100253	-70.337643	303.00	75.11	1+700 - 1+800	4,07	2,75
-18.101015	-70.338311	306.14	77.77	1+800 - 1+900	2,18	
-18.101681	-70.338986	299.11	75.88	1+900 - 2+000	1,98	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 45, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros

Tabla 45

Viaje 28 carril izquierdo con carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - con carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100178	-70.337495	308.30	73.85	0+000 - 0+100	3,57	
-18.099462	-70.336848	310.30	75.90	0+100 - 0+200	4,06	3,05
-18.098745	-70.336212	312.00	75.30	0+200 - 0+300	1,96	
-18.098028	-70.335568	314.20	73.49	0+300 - 0+400	2,61	
-18.097315	-70.334930	316.80	76.30	0+400 - 0+500	3,42	
-18.096600	-70.334288	318.50	74.65	0+500 - 0+600	2,87	2,55
-18.095878	-70.333638	320.40	76.75	0+600 - 0+700	2,34	
-18.095175	-70.332993	323.10	73.65	0+700 - 0+800	1,57	
-18.094467	-70.332353	324.40	73.72	0+800 - 0+900	1,86	
-18.093752	-70.331717	326.00	74.59	0+900 - 1+000	2,82	3,23
-18.093050	-70.331087	327.40	72.75	1+000 - 1+100	3,37	
-18.092353	-70.330463	328.90	72.96	1+100 - 1+200	4,88	
-18.091652	-70.329832	330.90	74.16	1+200 - 1+300	4,34	
-18.090938	-70.329188	333.10	75.93	1+300 - 1+400	3,59	3,30
-18.090225	-70.328548	334.80	73.88	1+400 - 1+500	2,92	
-18.089527	-70.327923	336.40	72.61	1+500 - 1+600	2,34	
-18.088818	-70.327293	337.70	74.96	1+600 - 1+700	2,70	
-18.088108	-70.326652	339.80	74.68	1+700 - 1+800	3,54	2,78
-18.089462	-70.327959	334.89	75.64	1+800 - 1+900	2,31	
-18.088774	-70.327317	336.25	78.99	1+900 - 2+000	2,55	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 46, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros

Tabla 46

Viaje 29 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - sin carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.088238	-70.326842	334.44	72.95	0+000 - 0+100	1,60	
-18.088926	-70.327455	331.72	74.16	0+100 - 0+200	2,10	1,75
-18.089629	-70.328076	330.86	73.57	0+200 - 0+300	1,60	
-18.090344	-70.328710	329.76	75.86	0+300 - 0+400	1,70	
-18.091055	-70.329354	327.42	73.47	0+400 - 0+500	1,68	
-18.091758	-70.329994	325.46	74.88	0+500 - 0+600	1,69	1,96
-18.092468	-70.330623	323.96	73.48	0+600 - 0+700	1,96	
-18.093171	-70.331254	322.18	75.09	0+700 - 0+800	2,52	
-18.093884	-70.331902	320.26	75.70	0+800 - 0+900	2,28	
-18.094601	-70.332549	318.10	76.06	0+900 - 1+000	1,95	2,02
-18.095326	-70.333189	316.66	75.65	1+000 - 1+100	1,75	
-18.096034	-70.333833	314.31	73.26	1+100 - 1+200	2,11	
-18.096747	-70.334467	312.50	75.34	1+200 - 1+300	1,78	
-18.097454	-70.335122	310.13	75.54	1+300 - 1+400	1,59	1,60
-18.098168	-70.335757	308.20	76.17	1+400 - 1+500	1,42	
-18.098887	-70.336394	306.26	75.25	1+500 - 1+600	1,60	
-18.099587	-70.337024	303.97	73.78	1+600 - 1+700	1,30	
-18.100293	-70.337662	301.65	74.83	1+700 - 1+800	1,45	1,59
-18.101005	-70.338302	299.95	74.60	1+800 - 1+900	1,86	
-18.101678	-70.338974	298.04	74.99	1+900 - 2+000	1,73	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 47, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros

Tabla 47

Viaje 30 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama alta

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 25 psi - gama alta						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100469	-70.337742	308.70	76.28	0+000 - 0+100	2,54	
-18.099752	-70.337097	310.50	77.03	0+100 - 0+200	2,86	2,38
-18.099025	-70.336450	310.57	77.06	0+200 - 0+300	2,14	
-18.098314	-70.335812	317.12	76.49	0+300 - 0+400	1,99	
-18.097608	-70.335177	320.41	75.09	0+400 - 0+500	2,00	
-18.096884	-70.334515	320.98	76.03	0+500 - 0+600	2,44	2,02
-18.09615	-70.333869	318.34	77.64	0+600 - 0+700	2,39	
-18.095454	-70.333237	319.37	76.49	0+700 - 0+800	1,25	
-18.094729	-70.332592	323.23	75.14	0+800 - 0+900	1,61	
-18.094028	-70.331963	327.00	74.88	0+900 - 1+000	2,16	2,64
-18.093328	-70.331326	329.81	74.43	1+000 - 1+100	3,12	
-18.092519	-70.330588	330.60	73.68	1+100 - 1+200	3,68	
-18.091827	-70.329963	329.54	75.63	1+200 - 1+300	3,14	
-18.091114	-70.329335	334.92	76.62	1+300 - 1+400	1,99	2,30
-18.090391	-70.328685	337.20	74.73	1+400 - 1+500	2,33	
-18.089694	-70.328047	340.61	75.23	1+500 - 1+600	1,75	
-18.088987	-70.327407	342.08	77.11	1+600 - 1+700	1,89	
-18.088268	-70.326768	339.57	74.38	1+700 - 1+800	3,11	2,67
-18.087565	-70.326143	345.52	76.73	1+800 - 1+900	2,95	
-18.088793	-70.327331	335.39	75.78	1+900 - 2+000	2,72	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 48, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros

Tabla 48

Viaje 31 carril derecho sin carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril derecho (bajada) - sin carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.087808	-70.326422	338.70	74.19	0+000 - 0+100	3,36	
-18.088508	-70.327053	336.30	74.10	0+100 - 0+200	2,41	2,63
-18.089218	-70.327692	333.60	73.41	0+200 - 0+300	3,08	
-18.089930	-70.328322	332.60	73.48	0+300 - 0+400	1,68	
-18.090642	-70.328975	330.50	74.18	0+400 - 0+500	2,29	
-18.091343	-70.329613	329.10	74.78	0+500 - 0+600	2,45	2,30
-18.092053	-70.330250	327.90	73.42	0+600 - 0+700	1,85	
-18.092762	-70.330878	326.20	73.92	0+700 - 0+800	2,60	
-18.093477	-70.331522	324.50	75.50	0+800 - 0+900	3,35	
-18.094195	-70.332167	322.80	75.45	0+900 - 1+000	3,34	2,90
-18.094908	-70.332807	321.30	75.09	1+000 - 1+100	1,95	
-18.095627	-70.333448	319.10	73.81	1+100 - 1+200	2,96	
-18.096325	-70.334080	317.30	75.01	1+200 - 1+300	2,94	
-18.097040	-70.334728	316.20	74.52	1+300 - 1+400	2,14	2,59
-18.097750	-70.335367	313.90	75.35	1+400 - 1+500	2,21	
-18.098465	-70.336007	312.00	75.20	1+500 - 1+600	3,06	
-18.099175	-70.336642	310.50	72.53	1+600 - 1+700	2,51	
-18.099872	-70.337268	308.60	74.11	1+700 - 1+800	3,67	2,86
-18.100582	-70.337910	306.70	74.74	1+800 - 1+900	3,51	
-18.101685	-70.338982	299.33	72.49	1+900 - 2+000	1,75	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

La Tabla 49, indica que como el desplazamiento y el valor IRI es cada 100 metros y para poder realizar una discusión de resultados con Merlin equipo para rugosidad que muestra sus resultados cada 400 metros, se realizó en hallar un IRI promedio cada 400 metros

Tabla 49

Viaje 32 carril izquierdo sin carga presión 25 psi y gama baja

Vehículo 2014 - carril izquierdo (subida) - sin carga - 25 psi - gama baja						
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento entre progresivas	IRI	IRI promedio
-18.100457	-70.337727	307.20	74.23	0+000 - 0+100	2,68	
-18.099743	-70.337092	309.10	75.94	0+100 - 0+200	2,77	2,33
-18.099022	-70.336447	312.70	75.51	0+200 - 0+300	1,99	
-18.098303	-70.335803	315.10	74.72	0+300 - 0+400	1,86	
-18.097593	-70.335160	317.40	74.43	0+400 - 0+500	2,30	
-18.096875	-70.334513	319.00	75.56	0+500 - 0+600	2,51	2,03
-18.096148	-70.333858	320.00	76.76	0+600 - 0+700	2,20	
-18.095442	-70.333225	321.50	74.44	0+700 - 0+800	1,11	
-18.094727	-70.332575	323.40	74.05	0+800 - 0+900	1,31	
-18.094023	-70.331948	325.50	74.00	0+900 - 1+000	1,99	2,46
-18.093317	-70.331317	326.80	72.88	1+000 - 1+100	2,90	
-18.092507	-70.330585	329.20	71.91	1+100 - 1+200	3,63	
-18.091810	-70.329958	331.20	73.58	1+200 - 1+300	3,88	
-18.091105	-70.329320	332.90	75.53	1+300 - 1+400	1,82	2,39
-18.090388	-70.328673	335.70	74.07	1+400 - 1+500	2,27	
-18.089682	-70.328042	337.60	74.76	1+500 - 1+600	1,57	
-18.088972	-70.327398	340.10	75.06	1+600 - 1+700	1,63	
-18.088257	-70.326765	341.70	73.29	1+700 - 1+800	3,05	2,55
-18.087553	-70.326138	343.50	74.96	1+800 - 1+900	2,89	
-18.088778	-70.327319	333.99	74.23	1+900 - 2+000	2,64	

Nota. Fuente: Reporte de ABAKAL IRI

4.2.2. Ilustración Importada del aplicativo ABAKAL IRI

La Figura 103 muestra la Carretera Nacional: PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) km 5+000 al km 7+000 y del km 7+000 al km 5+000.

Figura 103

Zona evaluada cada 100 metros con ABAKAL IRI



Nota. Tomado del Aplicativo Móvil ABAKAL IRI.

4.3. Comparación con Equipo Merlin para rugosidad y ABAKAL IRI

Conseguido los valores de índice de rugosidad Internacional (IRI) haciendo uso de las metodologías presentes en esta investigación, tenemos expedita realizar un estudio detallado de comparación entre el Rugosímetro Merlin considerado como un método de análisis simple con resultados confiables y la metodología moderna ABAKAL IRI obteniendo resultados confiables en tiempo real, así mismo, los diferentes factores que puedan intervenir en la toma de datos del IRI. Estos factores comparativos pueden ser: Vehículo del año 2014 y vehículos del año 2021, smartphone de gama alta y smartphone de gama baja, variación de la carga viva, presión en las llantas de 35 PSI y 25 PSI, velocidad constante a 80km/h.

En la Tabla 50, indica que se desarrolló 16 combinaciones con 32 viajes obteniendo un IRI en (m/km) por ejemplo: tenemos la combinación 1 se obtuvo el N° de viaje 1 un IRI promedio de 2,60 m/km y N° de viaje 2 un IRI promedio 3,98 m/km y se

obtiene un IRI general de la combinación 1 igual a 3,29 m/km. de esa manera se encontró los IRI por combinación.

Tabla 50

Combinaciones, números de viajes y promediado de IRI

Combinación	N° de viaje	Carril	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	IRI promedio (m/km)	IRI (m/km)
1	1	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 PSI	2,60	3,29
	2	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 PSI	3,98	
2	3	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 PSI	2,95	3,32
	4	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 PSI	3,69	
3	5	Derecho	Gama Alta	-	35 PSI	2,51	2,55
	6	Izquierdo	Gama Alta	-	35 PSI	2,59	
4	7	Derecho	Gama Baja	-	35 PSI	2,91	3,21
	8	Izquierdo	Gama Baja	-	35 PSI	3,51	
5	9	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,22	2,58
	10	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,95	
6	11	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,18	2,57
	12	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,97	
7	13	Derecho	Gama Alta	-	25 PSI	2,60	3,22
	14	Izquierdo	Gama Alta	-	25 PSI	3,83	
8	15	Derecho	Gama Baja	-	25 PSI	2,20	2,45
	16	Izquierdo	Gama Baja	-	25 PSI	2,70	
9	17	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 PSI	1,65	2,52
	18	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 PSI	3,38	
10	19	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 PSI	1,62	2,64
	20	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 PSI	3,67	
11	21	Derecho	Gama Alta	-	35 PSI	2,61	2,13
	22	Izquierdo	Gama Alta	-	35 PSI	1,66	
12	23	Derecho	Gama Baja	-	35 PSI	1,11	2,46
	24	Izquierdo	Gama Baja	-	35 PSI	3,80	
13	25	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,60	2,17
	26	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 PSI	1,75	
14	27	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,56	2,77
	28	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,98	
15	29	Derecho	Gama Alta	-	25 PSI	1,78	2,09
	30	Izquierdo	Gama Alta	-	25 PSI	2,40	
16	31	Derecho	Gama Baja	-	25 PSI	2,66	2,50
	32	Izquierdo	Gama Baja	-	25 PSI	2,35	

La Tabla 51, indica que los resultados entre Rugosímetro Merlin y Aplicativo ABAKAL IRI, denominamos con un nombre particular como smartphone Gama Alta a smartphone Huawei P30 y smartphone Gama Baja a Samsung Galaxy A10s. Al realizar la contrastación del IRI (m/km) promedio se observa que la combinación N° 1, realizado con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021 con presión en las llantas de 35 PSI, haciendo uso del smartphone Huawei P30 (gama alta), además de contar con una carga de 300 kilogramos se obtuvo un IRI promedio aplicando el aplicativo móvil ABAKAL IRI de 3,29 m/km y al realizar la comparación del IRI promedio de 3,27 m/km hallado con el Merlin equipo para rugosidad, se obtuvo la diferencia entre los dos valores de IRI en valor absoluto encontrado una diferencia de 0,02 m/km obteniendo un porcentaje de similitud de **99,39%** del valor IRI hallado por el rugosímetro Merlin y aplicativo ABAKAL IRI. Al obtener el mayor porcentaje de similitud al **99,39%**, ejecutamos y calculamos el porcentaje de similitud por carril derecho, igualmente carril izquierdo entre el Merlin equipo para rugosidad y combinación Viaje 1 y Viaje 2, ambos viajes realizados con el aplicativo móvil ABAKAL IR, con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021 con presión en las llantas de 35 PSI, haciendo uso del smartphone Huawei P30 (gama alta), además de contar con una carga de 300 kilogramos quien tiene el mayor porcentaje de similitud en comparación de las demás combinaciones realizado en la Carretera Nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000.

Tabla 51

Contrastación de resultados de IRI

Combinaciones	Camioneta		Carga (kg)	PSI	IRI (m/km)		Diferencia entre (1) y (2) en valor absoluto
	Toyota hilux - pick up (año)	Smartphone			Rugosímetro Merlin (1)	Aplicativo ABAKAL IRI (2)	
1	2021	Gama Alta	300	35	3,27	3,29	0,02
2	2021	Gama Baja	300	35	3,27	3,32	0,05
3	2021	Gama Alta	-	35	3,27	2,55	0,72
4	2021	Gama Baja	-	35	3,27	3,21	0,06
5	2021	Gama Alta	300	25	3,27	2,58	0,69
6	2021	Gama Baja	300	25	3,27	2,57	0,7
7	2021	Gama Alta	-	25	3,27	3,22	0,05
8	2021	Gama Baja	-	25	3,27	2,45	0,82
9	2014	Gama Alta	300	35	3,27	2,52	0,75

Combinaciones	Camioneta	Smartphone	Carga	PSI	Merlin	Abakal	Diferencia
10	2014	Gama Baja	300	35	3,27	2,64	0,63
11	2014	Gama Alta	-	35	3,27	2,13	1,14
12	2014	Gama Baja	-	35	3,27	2,46	0,81
13	2014	Gama Alta	300	25	3,27	2,17	1,1
14	2014	Gama Baja	300	25	3,27	2,77	0,5
15	2014	Gama Alta	-	25	3,27	2,09	1,18
16	2014	Gama Baja	-	25	3,27	2,50	0,77

En la Tabla 52, indica la similitud promedio de los valores de IRI (m/km) que se encuentra en medio de ambas metodologías, para el carril derecho fue de 85,61% para el carril izquierdo igual a 88,00% de similitud. Los valores IRI en carril derecha tienen una tendencia mínima de desemejanza al realizar la similitud de IRI por ambas metodologías y por progresivas, en el carril izquierdo los valores IRI tienen una tendencia de inclinación de aproximación proporcionado.

Tabla 52

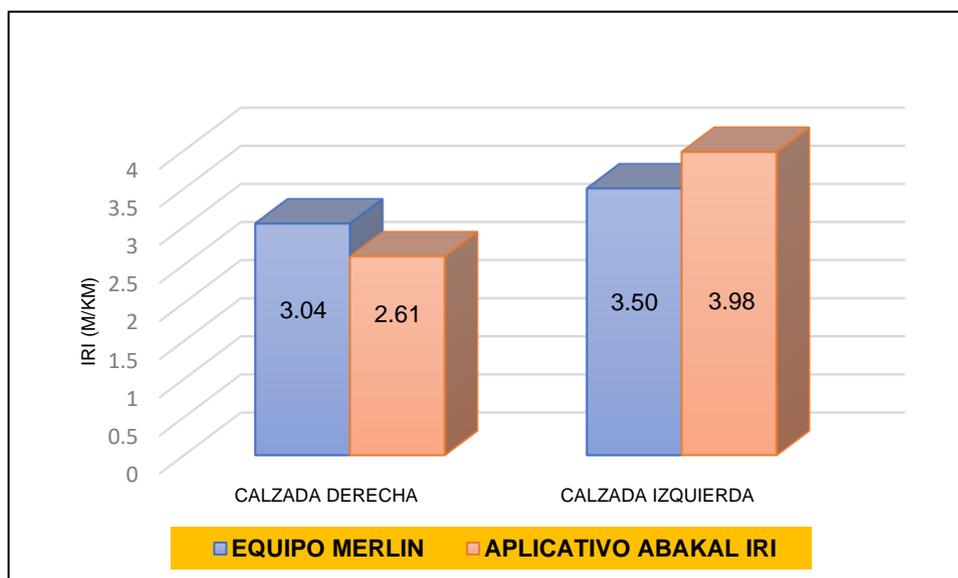
Porcentaje de similitudes de IRI con ambas metodologías

Progresiva	Carril derecho		Progresiva	Carril izquierdo	
	IRI (m/km)			IRI (m/km)	
	Rugosímetro Merlin	Aplicativo Abakal IRI		Rugosímetro Merlin	Aplicativo Abakal IRI
0+000 al 0+400	2,88	1,95	0+000 al 0+400	3,09	3,56
0+400 al 0+800	4,02	2,48	0+400 al 0+800	4,94	4,52
0+800 al 1+200	3,02	2,62	0+800 al 1+200	3,19	4,34
1+200 al 1+600	2,73	2,26	1+200 al 1+600	2,94	3,69
1+600 al 2+000	2,57	3,72	1+600 al 2+000	3,36	3,80
Promedio	3,04	2,61	Promedio	3,50	3,98
% de similitud	85,61 %		% de similitud	88,00%	

En la Figura 104 se visualiza una comparación de valores promedio IRI en calzada derecha; el rugosímetro Merlin obtiene un promedio mayor de 3,4 y el aplicativo móvil Abakal IRI es 2,61, del otro lado, en carril izquierdo el rugosímetro Merlin obtiene un promedio de 3,50 en el aplicativo Abakal IRI el promedio es 3,98 concluyendo que obtiene el mayor promedio en carril izquierdo el aplicativo Abakal IRI.

Figura 104

Comparación de datos equipo Merlin y aplicativo ABAKAL IRI



En la Tabla 53, indica que los resultados IRI con Merlin equipo para rugosidad en efecto en carril derecho evaluado cada 400 metros en el tramo del km 5+000 al km 7+000 se obtiene un IRI 3,04 m/km; a su vez en carril izquierdo evaluado cada 400 metros en el tramo del km 7+000 al km 5+000 se obtiene un IRI 3,50 m/km, bajo esa tesitura el promedio general tanto carril izquierdo – carril derecho el promedio es 3,27 m/km.

Tabla 53

Resumen de resultados IRI con Merlin equipo para rugosidad

N.º	Carril	Distancia evaluada cada metro (m)	Índice de rugosidad internacional (m/km)
1	Derecho	400	3,04
2	Izquierdo	400	3,50
Promedio			3,27 m/km

En la Tabla 54, indica que el resultado realizado con el aplicativo móvil Abakal IRI (combinación 1) en carril derecho evaluado cada 100 metros en el tramo del km 5+000 al km 7+000 se obtiene un IRI 2,61 m/km; a su vez en carril izquierdo evaluado cada 100 metros en el tramo del km 7+000 al km 5+000 se obtiene un IRI 3,98 m/km, en ese contexto el promedio general tanto carril izquierdo – carril derecho el promedio es 3,29 m/km.

Tabla 54

Resumen Aplicativo móvil ABAKAL IRI (combinación 1)

N.º	Carril	Distancia evaluada cada metro (m)	Índice de rugosidad internacional (m/km)
1	Derecho	100	2,61
2	Izquierdo	100	3,98
Promedio			3,29 m/km

En la Tabla 55, indica que se realizó la comparación de los resultados realizado por ambas metodologías y demostramos que el aplicativo móvil ABAKAL IRI – combinación 1 realizado con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021 con presión en las llantas de 35 PSI, haciendo uso del smartphone Huawei P30 (gama alta), además de contar con una carga de 300 kilogramos proporciona resultados similares al equipo para rugosidad Merlin, Concluimos que los datos obtenidos por el aplicativo ABAKAL IRI es confiable obteniendo resultados IRI (m/km) en tiempo real.

Tabla 55

Comparación de resultados de IRI entre ambas metodologías

N.º	Carril	IRI (m/km)	
		Merlin	Abakal IRI (combinación 1)
1	Derecho	3,04	2,61
2	Izquierdo	3,50	3,98
Promedio		3,27 m/km	3,29 m/km

En la tabla 56, indica el IRI promedio (m/km) con el Merlin equipo para rugosidad es de 3,27 m/km y el aplicativo móvil ABAKAL IRI – combinación 1 es de 3,29 m/km en la Carretera Nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000, de lo que se concluye que con ambas metodologías el estado de pavimento es REGULAR, dado que los dos valores IRI promedio (m/km) se encuentran ubicados en el rango de $2,8 < IRI \leq 4,0$.

Tabla 56*Especificaciones técnicas de conservación de carreteras*

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < \text{IRI} \leq 2,8$	$\text{IRI} \leq 6$
Regular	$2,8 < \text{IRI} \leq 4,0$	$6 < \text{IRI} \leq 8$
Malo	$4,0 < \text{IRI} \leq 5,0$	$8 < \text{IRI} \leq 10$
Muy malo	$5 < \text{IRI}$	$10 \leq \text{IRI}$

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1. Detallado de resultados de la Rugosidad con Equipo MERLIN

Al evaluar la calzada con el rugosímetro MERLIN en la Carretera Nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000, correspondiente a los 2 kilómetros de muestreo se logra obtener los siguientes resultados:

En la Tabla 57 los resultados indica que en carril derecho con un IRI promedio a 3,04 m/km, carril izquierdo con un IRI promedio a 3,50 m/km. De ahí que los valores establecidos por los ensayos realizados nos proporcionan un IRI promedio del carril derecho y carril izquierdo entre el kilómetro 5 al kilómetro 7 de la Carretera Nacional - La costanera PE-1SD, igual a **3,27 m/km**. Designado el resultado de IRI a **3,27 m/km** se podrá calificar el estado del pavimento en la carretera nacional PE-1SD – km. 5+000 al km. 7+000.

Tabla 57

Cuadro resumen de rugosidad con equipo MERLIN

Carril derecho		Carril izquierdo	
Progresiva	Rugosidad (m/km)	Progresiva	Rugosidad (m/km)
0+000 al 0+400	2,88	0+000 al 0+400	3,09
0+400 al 0+800	4,02	0+400 al 0+800	4,94
0+800 al 1+200	3,02	0+800 al 1+200	3,19
1+200 al 1+600	2,73	1+200 al 1+600	2,94
1+600 al 2+000	2,57	1+600 al 2+000	3,36
IRI promedio	3,04	IRI promedio	3,50
IRI: 3,27 m/km			

5.2. Estado del pavimento con los valores IRI obtenidos

En la Tabla 58 muestra que en el Perú el órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre es el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. En sus especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras nos proporcionar rangos de los valores de IRI en intervalos definidos.

Tabla 58*Estado Vial, según la rugosidad*

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2,8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2,8 < IRI \leq 40$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$40 < IRI \leq 5,0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

Nota. Adaptado del MTC - Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras. pág. 19.

En la Tabla 69 se presenta los resultados al tener el IRI promedio igual a **3,27 m/km** del carril derecho y carril izquierdo entre el kilómetro 5 al kilómetro 7 conseguido con el uso de quipo MERLIN para rugosidad en la Carretera Nacional - La costanera PE-1SD, por ello se realizó hacer la clasificación según el estado del pavimento – rugosidad. Observamos que el estado del pavimento se sitúa en estado REGULAR. Se muestra seguidamente el estado del pavimento por rugosidad en cada progresiva.

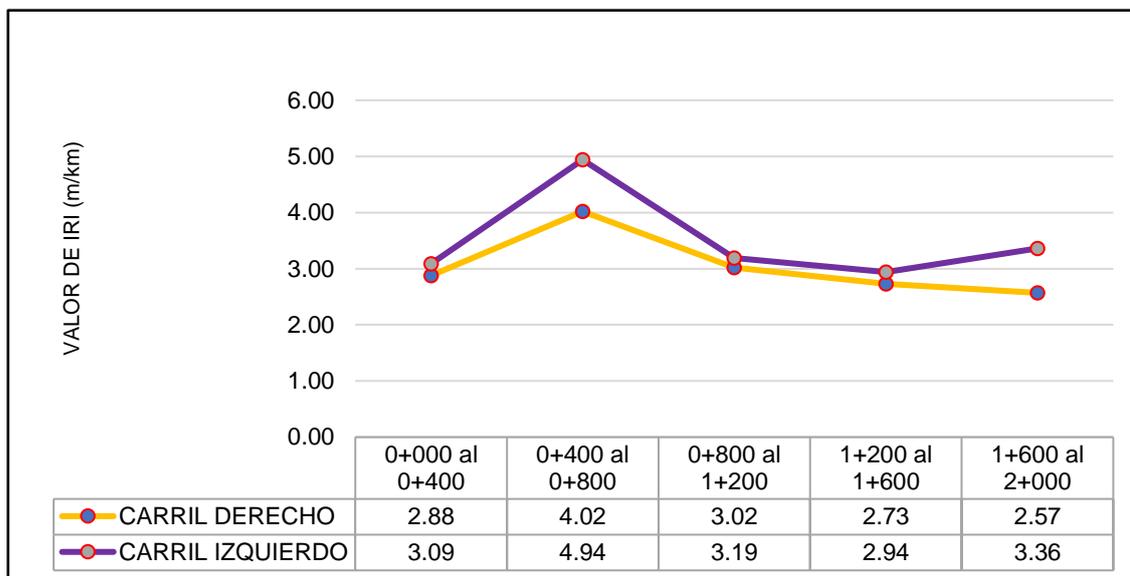
Tabla 59*Clasificación según la rugosidad el estado del pavimento*

Carril derecho			Carril izquierdo		
Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento	Progresiva	Rugosidad (m/km)	Estado del pavimento
0+000 al 0+400	2,88	Regular	0+000 al 0+400	3,09	Regular
0+400 al 0+800	4,02	Malo	0+400 al 0+800	4,94	Malo
0+800 al 1+200	3,02	Regular	0+800 al 1+200	3,19	Regular
1+200 al 1+600	2,73	Bueno	1+200 al 1+600	2,94	Regular
1+600 al 2+000	2,57	Bueno	1+600 al 2+000	3,36	Regular
IRI promedio	3,04	Regular	IRI promedio	3,50	Regular
IRI: 3,27 m/km					
Estado del pavimento: REGULAR					

La Figura 105 muestra que los valores IRI obtenidos con el rugosímetro Merlin en el carril izquierdo son mayores a los valores IRI en el carril derecho por progresivas.

Figura 105

Valores IRI obtenidos con equipo Merlin



5.3. Resultados de la Rugosidad obtenidos con ABAKAL IRI

5.3.1. Estado del pavimento con los valores IRI obtenidos con ABAKAL IRI

La evaluación se realizó con el aplicativo móvil ABAKAL IRI en la Carretera Nacional - La costanera, PE-1SD Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua) KM 5+000 AL KM 7+000, correspondiente a los 2 kilómetros de muestreo, donde se obtuvo valores de IRI en m/km a cada 100 metros, por esta razón se hizo promedios de valores de IRI cada 400 metros. La clasificación del estado del pavimento se realizó con guía de especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras que nos proporcionar rangos de los valores de IRI el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

En la Tabla 60 se utilizaron los valores extraídos de IRI promedio de viajes realizados del 1 al 16 para encontrar el estado del pavimento por carril. Estos valores de IRI promedio se realizó con el vehículo marca Toyota, modelo Hilux, Carrocería PICK UP y Año de Fabricación 2021, también denominamos con un nombre particular como smartphone Gama Alta a smartphone Huawei P30 y smartphone Gama Baja a Samsung Galaxy A10s.

Tabla 60*Promedio de los valores IRI a cada 400 metros*

Viajes realizados con vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021						
N° de viaje	Carril	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	IRI promedio (m/km)	Estado del pavimento
1	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 PSI	2,60	Bueno
2	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 PSI	3,98	Regular
3	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 PSI	2,95	Regular
4	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 PSI	3,69	Regular
5	Derecho	Gama Alta	-	35 PSI	2,51	Bueno
6	Izquierdo	Gama Alta	-	35 PSI	2,59	Bueno
7	Derecho	Gama Baja	-	35 PSI	2,91	Regular
8	Izquierdo	Gama Baja	-	35 PSI	3,51	Regular
9	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,22	Bueno
10	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,95	Regular
11	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,18	Bueno
12	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,97	Regular
13	Derecho	Gama Alta	-	25 PSI	2,60	Bueno
14	Izquierdo	Gama Alta	-	25 PSI	3,83	Regular
15	Derecho	Gama Baja	-	25 PSI	2,20	Bueno
16	Izquierdo	Gama Baja	-	25 PSI	2,70	Bueno

En la Tabla 61 se utilizaron los valores extraídos de IRI promedio de viajes realizados del 17 al 32 para encontrar el estado del pavimento por carril. Estos valores de IRI promedio se realizaron con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, Carrocería PICK UP y Año de Fabricación 2014, también denominados con un nombre particular como smartphone Gama Alta a smartphone Huawei P30 y smartphone Gama Baja a Samsung Galaxy A10s.

Tabla 61*Promedio de los valores IRI a cada 400 metros*

Viajes realizados con vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2014						
N° de viaje	Carril	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	IRI promedio (m/km)	Estado del pavimento
17	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 PSI	1,65	Bueno
18	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 PSI	3,38	Regular
19	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 PSI	1,62	Bueno
20	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 PSI	3,67	Regular
21	Derecho	Gama Alta	-	35 PSI	2,61	Bueno
22	Izquierdo	Gama Alta	-	35 PSI	1,66	Bueno
23	Derecho	Gama Baja	-	35 PSI	1,11	Bueno
24	Izquierdo	Gama Baja	-	35 PSI	3,80	Regular
25	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,60	Bueno
26	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 PSI	1,75	Bueno
27	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,56	Bueno
28	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,98	Regular
29	Derecho	Gama Alta	-	25 PSI	1,78	Bueno
30	Izquierdo	Gama Alta	-	25 PSI	2,40	Bueno
31	Derecho	Gama Baja	-	25 PSI	2,66	Bueno
32	Izquierdo	Gama Baja	-	25 PSI	2,35	Bueno

En la Tabla 62 los resultados indican la ejecución del el IRI Promedio de carril derecho y carril izquierdo por combinación es decir carril derecho a su vez carril izquierdo de todos los viajes realizados con sus distintas combinaciones como: vehículo, smartphone, carga, presión de neumáticos en el kilómetro 5+000 al kilómetro 7+000.

Tabla 62*Promediado de IRI y estado del pavimento según la rugosidad*

N° de viaje	Carril	Smartphone	Smartphone	Carga	Presión de neumáticos	IRI promedio (m/km)	IRI (m/km)	Estado del pavimento
1	1	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 PSI	2,60	3,29	Regular
	2	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 PSI	3,98		
2	3	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 PSI	2,95	3,32	Regular
	4	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 PSI	3,69		
3	5	Derecho	Gama Alta	-	35 PSI	2,51	2,55	Bueno
	6	Izquierdo	Gama Alta	-	35 PSI	2,59		
4	7	Derecho	Gama Baja	-	35 PSI	2,91	3,21	Regular
	8	Izquierdo	Gama Baja	-	35 PSI	3,51		
5	9	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,22	2,58	Bueno
	10	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,95		
6	11	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,18	2,57	Bueno
	12	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,97		
7	13	Derecho	Gama Alta	-	25 PSI	2,60	3,22	Regular
	14	Izquierdo	Gama Alta	-	25 PSI	3,83		
8	15	Derecho	Gama Baja	-	25 PSI	2,20	2,45	Bueno
	16	Izquierdo	Gama Baja	-	25 PSI	2,70		
9	17	Derecho	Gama Alta	300 kg	35 PSI	1,65	2,52	Bueno
	18	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	35 PSI	3,38		
10	19	Derecho	Gama Baja	300 kg	35 PSI	1,62	2,64	Bueno
	20	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	35 PSI	3,67		
11	21	Derecho	Gama Alta	-	35 PSI	2,61	2,13	Bueno
	22	Izquierdo	Gama Alta	-	35 PSI	1,66		
12	23	Derecho	Gama Baja	-	35 PSI	1,11	2,46	Bueno
	24	Izquierdo	Gama Baja	-	35 PSI	3,80		
13	25	Derecho	Gama Alta	300 kg	25 PSI	2,60	2,17	Bueno
	26	Izquierdo	Gama Alta	300 kg	25 PSI	1,75		
14	27	Derecho	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,56	2,77	Bueno
	28	Izquierdo	Gama Baja	300 kg	25 PSI	2,98		
15	29	Derecho	Gama Alta	-	25 PSI	1,78	2,09	Bueno
	30	Izquierdo	Gama Alta	-	25 PSI	2,40		
16	31	Derecho	Gama Baja	-	25 PSI	2,66	2,50	Bueno
	32	Izquierdo	Gama Baja	-	25 PSI	2,35		

CONCLUSIONES

Se determinó que los valores IRI obtenido con el Merlin equipo para rugosidad fueron, que en carril derecho el IRI promedio es 3,04 m/km, en carril izquierdo el IRI promedio es 3,50 m/km obteniendo un valor IRI ponderado de 3,27 m/km en la carretera Nacional PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua).

Se determinó los valores IRI con la aplicación del aplicativo móvil ABAKAL IRI en la carretera Nacional PE-1SD, se concluye que la combinación N.º 1 realizado con el vehículo marca Toyota, modelo hilux, carrocería pick up y año de fabricación 2021 con presión en las llantas de 35 PSI, haciendo uso del smartphone Huawei P30 (gama alta), además de contar con una carga de 300 kilogramos; se obtuvo un IRI promedio en carril derecho igual a 2,61 m/km en carril izquierdo el IRI promedio igual a 3,98 m/km obteniendo un valor IRI ponderado de 3,29 m/km en la carretera Nacional PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua).

Se concluye que la clasificación del estado del pavimento con los valores IRI pondero obtenido con Merlin equipo para rugosidad es igual a 3,27 m/km obteniendo una clasificación de estado REGULAR; a su vez realizado la aplicación del aplicativo móvil ABAKAL IRI – combinación 1 es igual 3,29 m/km obteniendo una clasificación de estado REGULAR. Por lo tanto, el aplicativo Móvil ABAKAL IRI con la combinación 1 obtiene resultados similares al Merlin equipo para rugosidad, por lo que, son datos confiables e influye significativamente en la carretera Nacional PE-1SD, La costanera, Tramo: Tacna (Provincia: Tacna) – Ilo (Moquegua).

RECOMENDACIONES

Se recomienda al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de su unidad ejecutora Provias Descentralizado (PVD) el uso de los valores obtenidos con el Merlin equipo para rugosidad y el aplicativo Móvil ABAKAL IRI en futuros estudios en la carretera Nacional PE-1SD ; en gobiernos regionales, gobiernos locales provinciales y distritales la utilización del aplicativo móvil ABAKAL IRI en teléfonos Smartphone para la medida de la rugosidad de la superficie del pavimento, siendo una metodología confiable, bajo costo y no requiere personal calificado para obtener las lecturas de IRI con el aplicativo en vías de gran extensión.

Se recomienda a los futuros tesisistas seguir estudiando el aplicativo móvil abakal IRI a razón de encontrarse una gran cantidad de factores y combinaciones posibles, para que en algún momento se pueda conseguir con estos estudios de investigación conformen una contribución de aporte, logrando que el aplicativo móvil abakal IRI sea normado igualmente alcanzar su perfección de eficiencia. Recomendando realizar una buena planificación para la recopilación de datos en campo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) por medio de aplicativo móvil abakal IRI, debido que debemos de evitar el tráfico vehicular para poder mantener la velocidad constante y centrada a 80 km/h como indica el inventor del aplicativo móvil abakal IRI.

Se recomienda a los diversos concesionarios del servicio de información técnica a cargo de los mantenimientos viales el empleo del aplicativo móvil ABAKAL IRI, ya que es un software confiable, de gran utilidad en vías de gran longitud en evaluar la rugosidad y determinar evaluaciones de mantenimiento reduciendo el tiempo, bajo costo, obteniendo datos en tiempo real.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, C. S. (2021). *Cálculo de índice de rugosidad internacional (iri) usando el aplicativo abakal para smartphone en la avenida universitaria del distrito de pillco marca - 2020*. Huánuco: Universidad de Huánuco.
- Badilla, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*. (2. University of Costa Rica, Ed.) *Infraestructura Vial*, Vol 11, Iss 21.
- Badilla, G. (2012). *Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*. *Portal de Revistas Academicas*.
- Becerra, M. (2012). *Temas de pavimentos de Concreto*. Perú:Lima. Del Águila, P. (1999). *Manual del usuario merliner, merlin equipo para rugosidad*. Perú:Lima.
- Gonzalo , J., & Beingolea, H. (2021). *Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de Merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. Internacional, Tacna - 2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Huanca , Y., & Quispe, V. (2021). *Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible, para mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida bohemia tacneña, distrito gregorio albarracín lanchipa, tacna-2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Junaid, M. (2015). *Medidas de rendimiento del pavimento utilizando la aplicación de teléfono inteligente basada en Android*. India: Universidad de Osmania, Darussalam, Hyderabad, Telangana.
- Laura, D. (2016). *Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco-Urcos, usando teléfonos inteligentes y el Rugosímetro de Merlin - 2016*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Mamani , D., & Lozano, J. (2021). *Evaluación de la rugosidad en el pavimento utilizando teléfonos inteligentes para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna -2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Perú:Lima.
- MTC. (2018). *Plataforma digital unica del estado peruano*. Obtenido de Plataforma digital unica del estado peruano. Perú:Lima.

- Ramos, W. (2017). *Evaluación del estado del pavimento por deflectometría e índice de rugosidad internacional de la carretera: Puno – Vilque – Mañazo - 4km críticos - 2015*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Reyes, B. A. (2020). *Determinación del índice de rugosidad internacional en la av. la prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de merlín*. Ecuador: universidad estatal del sur de manabí, manabí, jipijapa.
- Sangay, M. O. (2019). *Determinación del nivel de servicio mediante el índice de rugosidad internacional (iri) medido con el equipo merlin en el pavimento flexible de la av. hoyos rubio en la ciudad de cajamarca*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Tapia, M. (2018). *Pavimentos*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Toyota Perú (23 de abril de 2020). *Presiones correctas de inflado de las llantas, en una 4x4*. <https://www.toyotaperu.com.pe/noticias/consultorio-4x4-con-el-tio-lucho-presiones-correctas-de-inflado-de-las-llantas-en-una-4x4>.
- Zeballos, G., & Vizcarra, C. (2021). *Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, Tramo: puente el peligro - emp. PE-40, tacna-2020*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

ANEXOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-01823-2021

PROFORMA : 1528A

Fecha de emisión : 2021-04-09

Página : 1 de 3

SOLICITANTE : INGESERVICIOS S.A.C.

Dirección : Av. Collpa Mza. – Lote. 08 Sec. Pago Olanque Tacna - Tacna - Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : RUGOSIMETRO MERLIN

Marca : No Indica
 Denominación : TCP 085
 N° de Serie : 703
 Identificación : No Indica
 Material : Acero
 Procedencia : No Indica
 Ubicación : Laboratorio de Ensayos Especiales
 Fecha de Calibración : 2021-04-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de INGESERVICIOS S.A.C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados trazables al S.I.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	22,3 °C	22,1 °C
HUMEDAD RELATIVA	53,0%	53,2%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolas Ramos Paucar
Gerente Técnico.
CFP :0316


 Jr. Condesa de Lemos N°117
 San Miguel, Lima

 (01) 262 9536
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Láser estabilizado conincertidumbre de 0,08 μ mDM - INACAL	Regla 0 mm a 1 000 mm	LLA - 053 - 2021
Microscopio de Herramientas Incertidumbre 0,7 μ mDM-INACAL	Reticula de Medición 0 mm a 10 mm	LLA - 062 - 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

MEDICIÓN DE LONGITUD

DISTANCIA A - B	Valor Nominal (mm)	VALOR CONVECIONALMENTE VERDADERO (mm)	Desviación (mm)	Incertidumbre (mm)
Externo	1800,00	1800,11	0,11	0,44

DISTANCIA A - C	Valor Nominal (mm)	VALOR CONVECIONALMENTE VERDADERO (mm)	Desviación (mm)	Incertidumbre (mm)
Externo	900,00	900,10	0,10	0,44

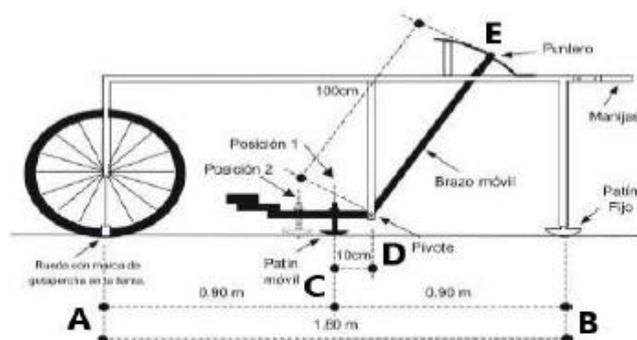
DISTANCIA C - B	Valor Nominal (mm)	VALOR CONVECIONALMENTE VERDADERO (mm)	Desviación (mm)	Incertidumbre (mm)
Externo	900,00	900,11	0,11	0,44

DISTANCIA C - D	Valor Nominal (mm)	VALOR CONVECIONALMENTE VERDADERO (mm)	Desviación (mm)	Incertidumbre (mm)
Externo	100,00	100,14	0,14	0,44



RESULTADOS DE MEDICIÓN
MEDICIÓN DE LONGITUD

DISTANCIA D - E	Valor Nominal (mm)	VALOR CONVECCIONALMENTE VERDADERO (mm)	Desviación (mm)	Incertidumbre (mm)
Externo	1000,00	1000,14	0,14	0,43


OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO


Anexo 2. Ficha Técnica Manómetro Digital



Ficha técnica		^
Tipo	Manómetros y Calibradores	
Marca	Calgary	
Uso	Apto para neumáticos de automóviles, camionetas, camiones medianos y pequeños, motocicletas, motonetas, bicicletas, carros, etc.	
Laser (diodo)	No	
Garantía	1 año	
Características	Rango de medición de 0 a 100 psi, 35 a 680 kpa, 0.4 a 68 kgf. Con pantalla digital 3 opciones de unidad de medida: PSI, BAR y KPA.	
Procedencia	China	
Categoría	Medicion	
Clasificación	Neumáticos/llantas/accesorios	

Anexo 3. Datos del vehículo Toyota Hilux 4x4 - 2021



Código de Verificación: 84311970
 Título N° : 1694945-2021
 Fecha : 30/06/2021 13:51:53



sunarp
 Superintendencia Nacional
 de los Registros Públicos

REPÚBLICA DEL PERÚ
SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE LOS REGISTROS PÚBLICOS
TARJETA DE IDENTIFICACIÓN VEHICULAR ELECTRÓNICA
 ZONA REGISTRAL N° XIII
 SEDE REGISTRAL - TACNA

Partida Registral : 60575747
DUA/DAM : 118-2021-10-180454-1
Título : 2021-1694945
Fecha del Título : 30/06/2021

Placa N°

Z70-779



Datos del Vehículo

Categoría : N1
Marca : TOYOTA
Modelo : HILUX
Color : BLANCO
Número de VIN : 8AJKA3CD4N3087928
Número de Serie : 8AJKA3CD4N3087928
Número de Motor : 1GDG228114
Carrocería : PICK UP
Potencia : 150,00@3400
Form. Rod. : 4X1
Combustible : DIESEL

10001555-11

Año Modelo : 2022

Versión : 4X1 D/C 1GD SR

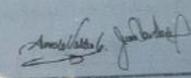
Asientos : 5	Cilindros : 4	Cilindrada : 2.755
Pasajeros : 4	Longitud : 5.325	P. Bruto : 2.910
Ruedas : 4	Altura : 1.815	P. Neto : 2.147
Ejes : 2	Ancho : 1.855	Carga Util : 0.763





CARLOS D. PEDRALDI BOCHREA
 PROCURADOR GENERAL
 Jefe Regional - Tacna

Anexo 4. Seguro contra accidentes Toyota Hilux 4x4 - 2021

CERTIFICADO DE SEGURO OBLIGATORIO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO - SOAT 2021		DATOS DEL VEHÍCULO	
 <p>Francisco Masías N° 370 - San Isidro - Lima Línea Positiva Emergencias: (01) 211-0-211</p> <p>05-106212973</p>		<p>La Positiva</p> <p>IDENTIFICACION</p>	
INFORMACION DE LA PÓLIZA		PLACA: Z 70 - 749	CATEGORIA / CLASE: NA
N° PÓLIZA - CERTIFICADO: 05-106212973		AÑO DE FABRICACIÓN: 2021	MARCA: TOYOTA
<p>VIGENCIA DE LA PÓLIZA</p> <p>DESDE: 01-07-21</p> <p>HASTA: 01-07-22</p>		<p>NUMER. DE ASIENTOS: 5</p> <p>MODELO: HILUX</p>	<p>VIN/N° DE SERIE: CAJKA3CD4N3027928</p>
<p>VIGENCIA DEL CERTIFICADO SOAT CONTROL POLICIAL</p> <p>DESDE: 01-07-21</p> <p>HASTA: 01-07-22</p> <p><small>Esta vigencia es de uso exclusivo para el control policial, no afectándose el derecho a indemnización en caso de ocurrencia de accidente de tránsito durante la vigencia de la cobertura, que es de un año.</small></p>		<p>El presente certificado acredita que el vehículo identificado está asegurado por la compañía que lo expide, según las condiciones establecidas en el formato único de póliza SOAT, aprobado por la R.M. N° 306 - 2002 - MTC, y sus modificatorias, durante todo el plazo de vigencia aquí señalado.</p>	
CONTRATANTE			
NOMBRE (APELLIDO PATERNO, MATERNO Y NOMBRES) O RAZÓN SOCIAL: DE YSI CLARITA Molinero Serrano			
DOCUMENTO DE IDENTIDAD / RUC: 41530575		TELÉFONO: 916697882	
DIRECCIÓN: Asoc. La Florida Mz Lt 17 B			
DISTRITO: A. ALIANZA		PROVINCIA: TACNA	DEPARTAMENTO: TACNA
FIRMA DEL CONTRATANTE: 		FIRMA DEL REPRESENTANTE: 	
FECHA: 5:56 pm		HORA DE EMISIÓN: 01/07/21	MONTO DE LA PRIMA: S/180.00
<p><small>Los establecimientos de salud públicos y privados están obligados a prestar atención médica quirúrgica de emergencia en caso de la ocurrencia de un accidente de tránsito, conforme a lo dispuesto en los artículos 3 y 39 de la Ley No. 26842, Ley General de Salud y su Reglamento.</small></p>			

Anexo 5. Datos del vehículo Toyota Hilux 4x4 - 2014



Anexo 6. Seguro contra accidentes Toyota Hilux 4x4 - 2014

		<h1>SOAT</h1>
<p>Certificado Electrónico Decreto Supremo 015 - 2016 MTC</p>		
<p>COMPAÑIA DE SEGUROS LA POSITIVA SEGUROS Y REASEGUROS</p>	<p>EN CASO DE EMERGENCIAS 211 0211 LIMA Y/O PROVINCIAS</p>	
<p>////////////////////</p>		
<p>VIGENCIA DE LA PÓLIZA Nº Póliza - Certificado 25132308 - 0 Desde 21/08/2021 Hasta 21/08/2022</p>	<p>CERTIFICADO SOAT CONTROL POLICIAL Desde 21/08/2021 Hasta 21/08/2022</p>	<p>Vigencia de uso exclusivo para control policial</p>
<p>VEHÍCULO ASEGURADO</p> <p>Placa V7P768 Categoría / Clase Cmta. Pick Up/Cabina Simple Uso Carga Vin / Nº de serie MROFZ22G8F1203793</p>	<p>CONTRATANTE / ASEGURADO LLACA CHECALLA, FRANCISCA SANTUSA Importe de la prima S/. 170 Fecha 2021-08-21 Hora de emisión 11 h : 56 m</p>	
<p>Los establecimientos de salud públicos y privados están obligados a prestar atención médica quirúrgica de emergencia en caso de la ocurrencia de un accidente de tránsito conforme en la Ley Nº 26842, Ley General de Salud y su Reglamento.</p>		
<p>La información sobre las obligaciones y derechos del contratante/asegurado, coberturas y exclusiones, las podrás encontrar ingresando a www.apeseg.org.pe/soat o solicitando tu cartilla informativa en las oficinas de la compañía de seguros.</p>		

Anexo 7. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE	INDICADOR	METODOLOGIA
Problema General	Hipótesis General	Objetivo General	Variable		Tipo de Investigación: Aplicada – Cuantitativa. Nivel de la Investigación: Explicativo. Población: Carretera Nacional pavimentada PE-1SD - La costanera. Técnicas de Recolección de datos: Análisis documentario. - recopilación de datos de material bibliográfico sobre el correcto uso del aplicativo móvil ABAKAL IRI y Merlín equipo para Rugosidad, como por ejemplo el manual de uso y sitio web; también se realizará la recopilación de información de tesis en otras universidades, textos, artículos u otros trabajos similares. En campo. - la recolección de datos en campo se realizará con método tradicional Merlín equipo para Rugosidad, para la recolección de datos con el aplicativo móvil ABAKAL IRI se utilizarán camionetas PICK UP del año 2021 y 2014 para analizar los diferentes posibles valores IRI, variando la carga viva, uso de dos distintos Smartphones (gama baja y gama alta), presión en las llantas de 35 PSI y 25 PSI, velocidad constante a 80km/h. Instrumentos: Equipo Merlin para rugosidad modelo TCP – 065, Smartphone Huawei P30 (gama alta), Smartphone Samsung Galaxy A10s (gama baja), Vehículo Marca Toyota 2021, Vehículo Marca Toyota 2014, Aplicativo móvil ABAKAL IRI, Manómetro digital marca Calgary, Porta celular para Automóviles.
¿Cuáles son los factores que influyen en las lecturas del aplicativo móvil ABAKAL IRI para determinar la rugosidad del pavimento flexible, en la carretera Costanera Sur, Tacna - 2021?	Los factores de las lecturas del aplicativo móvil ABAKAL IRI para determinar la rugosidad del pavimento flexible influyen significativamente en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021.	Determinar los factores que influyen en las lecturas del aplicativo móvil ABAKAL IRI para determinar la rugosidad del pavimento flexible en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021.	Independiente: Factores que influyen en las lecturas del aplicativo móvil Abakal IRI.	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos del año 2021 y vehículos del año 2014. • Smartphone de gama alta y Smartphone de gama baja. • Variación de la carga viva que soporta el vehículo en el momento de la toma de datos. • Presión de neumáticos de 35 PSI y 25 PSI. 	
Problemas Específicos	Hipótesis Especificas	Objetivos Específicos	Variable Dependiente:	Aplicativo móvil abakal IRI	
PE1. ¿Cómo disminuimos el error en la lectura de datos del aplicativo móvil ABAKAL IRI? PE2. ¿Qué factores o alternativas de solución permitirán una mejor lectura de datos obtenidos por el aplicativo móvil ABAKAL IRI?	HE1. Al determinar los errores que influyen al momento de la lectura de datos del aplicativo móvil ABAKAL IRI se obtendrán restricciones para esta aplicación. HE2. La determinación del factor que permite una mejor lectura de datos del aplicativo móvil ABAKAL IRI es muy aceptable.	OE1. Determinar los valores IRI con el Equipo Merlín en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021. OE2. Determinar los valores IRI con la aplicación del aplicativo móvil ABAKAL IRI en la carretera Costanera Sur, Tacna – 2021.	Determinar la rugosidad del pavimento flexible.	<ul style="list-style-type: none"> • Valor del IRI (m/km) • Velocidad (km/h) • Desplazamiento (m.) • IRI (m/km) Merlín equipo para Rugosidad <ul style="list-style-type: none"> • Valor del IRI (m/km) • Cálculo del Rango D (mm.) • Factor de corrección (m.) • IRI (m/km) 	