

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



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA, TRAMO:
CALLE ARIAS ARAGÜEZ – AV. JORGE BASADRE GROHMANN,
TACNA - 2021”**

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

PRESENTADO POR:

Bach. JOAQUÍN ALBERTO SIGÜEÑAS GIRÓN

TACNA – PERÚ

2022

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

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA
TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA, TRAMO:
CALLE ARIAS ARAGÜEZ – AV. JORGE BASADRE GROHMANN,
TACNA - 2021”**

Tesis sustentada y aprobada el 28 de Noviembre del 2022, estando el jurado calificador integrado por:

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

SECRETARIO : Mag. OMAR ARTURO CUTIMBO TICONA

VOCAL : Mtro. RAMÓN MANUEL CALCINA PEÑA

ASESOR : Dr. Ing. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Joaquín Alberto Sigüeñas Girón, 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 70615849 declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: *“Evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos para mejorar la transitabilidad vehicular de la Av. Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021”* la misma que presento 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 asumo 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, me hago responsable, frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 28 de Noviembre del 2022



Bach. Joaquín Alberto Sigüeñas Girón
DNI. 70615849

DEDICATORIA

La presente tesis se lo dedico a mi padre Alberto, que aunque ya no esté físicamente conmigo, todos los días pienso en él y en lo orgulloso que se sentiría por haber obtenido este logro.

Del mismo modo a mi madre Sara, que nada de esto hubiera sido posible sin ella; sin su apoyo, comprensión, calma y sobre todo paciencia conmigo para poder culminar esta pequeña etapa en mi vida profesional.

A mi hermano Arturo, que estando lejos siempre estuvo pendiente de mí, y por ser un ejemplo a seguir.

Bach. Joaquín Alberto Sigüeñas Girón

AGRADECIMIENTO

A Dios, le agradezco por haberme permitido llegar hasta este momento, por ser mi guía, mi camino y mi luz que ilumina no solo mi sendero, sino el de toda mi familia que tanto amo.

A mi asesor, Ing. Pedro Maquera Cruz, por todos estos años en la Universidad llenos de aprendizaje y de gratos momentos en las aulas, finalmente por sus consejos y guía para obtener mi título.

Bach. Joaquín Alberto Sigüeñas Girón

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Justificación de la investigación	5
1.3.1 Justificación ambiental.....	6
1.3.2 Justificación económica.....	6
1.3.3 Justificación teórica-científica	6
1.3.4 Justificación social.....	7
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
1.5 Hipótesis	7
1.5.1 Hipótesis General	7
1.5.2 Hipótesis Específicas	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del estudio	9
2.2 Bases Teóricas	13
2.2.1 Bases normativas	13
2.2.2 Bases teóricas Variable independiente	13
2.2.2.1 Índice de rugosidad - IRI	13

2.2.2.2	Cálculo de la rugosidad.....	13
2.2.2.3	Cálculo de la transitabilidad en razón del IRI calculado.....	15
2.2.2.4	Aspectos importancia de la rugosidad en la superficie de rodadura.....	15
2.2.2.5	Escalas y características de la rugosidad.....	16
2.2.2.6	Rugosímetro de MERLIN	18
2.2.2.7	Forma de Utilización del MERLIN	19
2.2.2.8	Aplicación ABAKAL IRI	20
2.2.2.9	Utilización del aplicativo ABAKAL IRI	21
2.2.2.10	Resultados que genera el aplicativo ABAKAL IRI	23
2.2.3	Bases teóricas Variable dependiente	24
2.2.3.1	Transitabilidad	24
2.2.3.2	Metodología de diseño Instituto del Asfalto	25
2.3	Definición de términos	30
2.3.1	Índice de Rugosidad.....	30
2.3.2	Ensayos No Destructivos.....	30
2.3.3	Transitabilidad.....	31
2.3.4	Rugosímetro De Merlín.....	31
2.3.5	Rehabilitación.....	31
2.3.6	Abakal	31
2.3.7	Teléfono Inteligente.....	31
2.3.8	Pavimento Flexible	31
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		32
3.1	Tipo y Nivel de la investigación	32
3.1.1	Tipo de investigación	32
3.1.2	Nivel de la investigación	32
3.2	Población y/o muestra de estudio	32
3.2.1	Población.....	32
3.2.2	Muestra.....	32
3.3	Operacionalización de las variables.....	32
3.3.1	Variable independiente	32
3.3.2	Variable dependiente	33
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	33
3.4.1	Técnicas	33
3.4.2	Instrumentos.....	38
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	38

CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	39
4.1 Resultados del valor IRI obtenido con el Rugosímetro de MERLIN.....	39
4.1.1 Datos de campo obtenidos con el rugosímetro de MERLIN.....	39
4.1.2 Resultados obtenidos con el rugosímetro de MERLIN	50
4.2 Resultados del valor IRI obtenido con el aplicativo ABAKAL IRI	51
4.2.1 Evaluación y obtención de datos del aplicativo ABAKAL IRI.....	51
4.3 Propuesta de diseño de espesores utilizando el Método del Instituto del Asfalto	54
4.3.1 Determinación del CBR de diseño.....	54
4.3.2 Cálculo del Índice Medio Diario - IMD	55
4.3.3 Cálculo de espesores para la Av. Tarata usando el Método del Instituto del Asfalto.	55
4.3.4 Cálculo del valor N	55
4.3.5 Cálculo del NTI.....	56
4.3.6 Cálculo del NTD	57
4.3.7 Cálculo del espesor total del pavimento.....	58
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	61
5.1 Análisis del valor IRI utilizando el rugosímetro de MERLIN	61
5.2 Análisis del valor IRI utilizando la aplicación ABAKAL IRI.....	61
5.3 Cálculo de la transitabilidad en función del valor IRI	62
5.4 Análisis de los espesores propuestos para mejorar la transitabilidad en la Av. Tarata	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Transitabilidad en función del IRI.....	15
Tabla 2. Valor del índice de rugosidad (m/km).....	16
Tabla 3. Valores IRI	17
Tabla 4. Informe IRI2.csv.....	24
Tabla 5. Escalas de calificación de la transitabilidad.....	25
Tabla 6. % del tránsito total de vehículo pesado.....	26
Tabla 7. Factores de ajuste al NTI.....	28
Tabla 8. Espesores mínimos de carpeta.....	30
Tabla 9. Relación de capas de la estructura del pavimento.....	30
Tabla 10. Hoja de campo, tramo 1, en la progresiva 0+000 – 0+400.....	39
Tabla 11. Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+400 – 0+800.....	41
Tabla 12. Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+800 – 0+1200.....	43
Tabla 13. Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+000 – 0+400.....	45
Tabla 14. Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+400 – 0+800.....	47
Tabla 15. Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+800 – 0+1200.....	49
Tabla 16. Resultados de los valores IRI determinados con MERLIN, por carril.....	50
Tabla 17. Valores IRI obtenido con ABAKAL IRI, carril de bajada.....	51
Tabla 18. Valores IRI obtenido con ABAKAL IRI carril subida.....	53
Tabla 19. Cálculo de IMD.....	55
Tabla 20. Porcentaje total de vehículos pesados en el carril diseño.....	56
Tabla 21. Sumatoria del peso promedio de vehiculos pesados.....	56
Tabla 22. Cálculo del factor de ajuste.....	58
Tabla 23. Espesores mínimos de carpeta asfáltica.....	60
Tabla 24. Relación de capas de la estructura del pavimento.....	60
Tabla 25. Espesor del pavimento en pulgadas y centímetros.....	60
Tabla 26. Resultado ponderado del valor IRI obtenido con el MERLIN.....	61
Tabla 27. Resultado ponderado del valor IRI obtenido con la aplicación ABAKAL IRI	61
Tabla 28. Calificación funcional del valor IRI del pavimento.....	62
Tabla 29. Calificación de la transitabilidad en función del IRI.....	62
Tabla 30. Calificación de la transitabilidad.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vía investigada Av. Tarata, L= 1,20 Km.....	04
Figura 2. Vía investigada, presencia de parches y huecos, Av. Tarata.....	04
Figura 3. Histograma de distribución de frecuencias.....	14
Figura 4. Escala estándar empleado por Banco Mundial.....	16
Figura 5. Rugosímetro de MERLIN.....	18
Figura 6. Detalles del instrumento MERLIN.....	18
Figura 7. Tablero con escala gráfica.....	19
Figura 8. Hoja de campo para obtener datos.....	20
Figura 9. Modelo de cuarto carro.....	21
Figura 10. Aplicativo ABAKAL IRI.....	21
Figura 11. Ubicación del teléfono.....	22
Figura 12. Método de cálculo.....	22
Figura 13. Informe IRI.csv.....	23
Figura 14. Informe IRI.kml.....	24
Figura 15. Ábaco para calcular NTI.....	28
Figura 16. Abaco para determinar espesor del pavimento.....	29
Figura 17. Inicio del ensayo utilizando MERLIN.....	34
Figura 18. Ensayo con MERLIN carril de bajada.....	35
Figura 19. Ensayo con MERLIN carril de subida.....	35
Figura 20. Calibración del aplicativo ABAKAL.....	36
Figura 21. Montaje y configuración del aplicativo.....	36
Figura 22. Medición de los valores IRI.....	37
Figura 23. Modo activado para obtener IRI.....	37
Figura 24. Recopilación de datos IRI en el punto final.....	38
Figura 25. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 1.....	40
Figura 26. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 2.....	42
Figura 27. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 3.....	44
Figura 28. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 1.....	46
Figura 29. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 2.....	48
Figura 30. Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 3.....	50
Figura 31. Comportamiento IRI cada 100 m, carril bajada.....	52
Figura 32. Desplazamiento carril de bajada utilizando ABAKAL IRI.....	52
Figura 33. Comportamiento de valores IRI carril de subida.....	53
Figura 34. Desplazamiento carril de subida utilizando ABAKAL IRI.....	54

Figura 35. Ábaco para calcular NTI.....	57
Figura 36. Ábaco para calcular espesor total del pavimento.....	59
Figura 37. Diseño final del pavimento Av. Tarata.....	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	70
Anexo 2. Aforo Vehicular	71
Anexo 3. Determinación del índice medio diario	79
Anexo 4. Estudio de suelos – ensayo del CBR	80
Anexo 5. Plano de Ubicación	84
Anexo 6. Plano de cálculo de rugosidad – Rugosímetro de Merlín.....	86

RESUMEN

En la ciudad de Tacna existe gran deterioro en la mayoría de las vías principales que conectan la ciudad, causado por transporte de carga y personas, principalmente por no contar con un mantenimiento oportuno. El objetivo es evaluar el índice de rugosidad utilizando métodos no destructivos para mejorar la transitabilidad en la Av. Tarata, desarrollando una tesis Aplicada con enfoque cuantitativo, porque ayudó a generar y ampliar el conocimiento en la determinación del índice de rugosidad usando métodos de vanguardia en un tramo de 1 200 m., carriles de 3,30 m. de ancho, utilizando un teléfono inteligente Samsung Galaxy colocado en un vehículo con velocidad de evaluación entre 40 a 60 km/h, para determinar los valores IRI promedio de 6,73 m/km, mientras que con el rugosímetro de MERLIN también se obtuvo un valor IRI ponderado de 6,73 m/km. Utilizando el valor del IRI ponderado, obtenido por ambas metodologías en el pavimento flexible de la Av. Tarata, con el valor IRI de 6,73 m/km, se procede a la calificación del estado del pavimento como MALO mientras que el resultado del valor PSI igual a 1,47 califica la transitabilidad como MALA, recomendando a diseñar los espesores de la estructura del pavimento, utilizando el método del Instituto del Asfalto, definiendo en 5 cm. la capa de rodadura superficial y 20 cm. el espesor de la base granular.

Palabras Clave: Rugosidad, ABAKAL, Transitabilidad e IRI.

ABSTRACT

In the city of Tacna there is great deterioration in most of the main roads that connect the city, caused by freight and people, mainly due to not having timely maintenance. The objective is to evaluate the roughness index using non-destructive methods to improve the walkability on Av. Tarata, where the research is Applied with a quantitative approach, because it helped to generate and expand knowledge in the determination of the roughness index using cutting-edge methods. in a length of 1,200 m., lanes of 3.30 m. wide, for this a Samsung Galaxy smartphone installed in a vehicle with speeds between 40 and 60 km/h was used to determine the average IRI values of 6.73 m/km, while with the MERLIN roughness meter it was also obtained an average IRI value of 6.73 m/km. Considering the value of the average IRI, determined by both methodologies in the flexible pavement of Av. Tarata, with the average IRI value of 6.73 m/km, the condition of the pavement is qualified as BAD while the result of the PSI value equal to 1.47 qualifies passability as BAD, recommending designing the thickness of the pavement structure, using the Asphalt Institute method, defining it at 5 cm. the asphalt folder and 20 cm. the thickness of the granular base.

Keywords: Roughness, ABAKAL, Walkability and, IRI.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tacna, presenta gran deterioro en la mayoría de las vías principales longitudinales y transversales que conectan la ciudad, causado por el transporte de cargas y personas, pero principalmente por no contar con un mantenimiento oportuno y adecuado, el deterioro llega a tal punto que requiere su rehabilitación o reconstrucción, en la presente investigación el objetivo viene a ser la evaluación del índice de rugosidad utilizando métodos no destructivos para mejorar la transitabilidad en la Av. Tarata, vía de dos carriles uno por sentido en una longitud de 1 200 m.

En la investigación se determina un valor ponderado del IRI para la calificación del estado del pavimento asfáltico y la mejora de la transitabilidad, para ello se utilizan las metodologías de la aplicación ABAKAL IRI en teléfonos inteligentes, el uso del rugosímetro de MERLIN y la metodología del Instituto del Asfalto, para el diseño de espesores.

La investigación está dividida en cinco capítulos,

En el primer capítulo se desarrolla el problema, como su descripción, como se formula el problema en forma de interrogante, se formula la justificación del estudio, seguidamente se plantean los objetivos generales y específicos, y finalmente el planteamiento de la hipótesis general y específicos.

En el segundo capítulo, se define el estado del arte, considerando los antecedentes que ayudan a desarrollar la investigación, se desarrolla las bases teóricas de las variables presentes y se define términos importantes.

En el tercer capítulo, se desarrolla la metodología, considerando el tipo y nivel de investigación, población, muestra, operacionalización de variables, técnicas y análisis de datos de la investigación.

En el cuarto capítulo, presentación de los resultados que se obtiene con el aplicativo ABAKAL IRI, el rugosímetro de MERLIN y la propuesta de diseño de espesores usando el método del Instituto del Asfalto.

En el capítulo quinto se presenta el desarrollo del análisis en los resultados mediante la discusión y el contraste con lo determinado por algunos autores considerados en antecedentes.

Finalizando la investigación con las conclusiones y las recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En la actualidad a medida que las vías urbanas son transitadas por unidades del transporte de personas y carga, estas van presentando fallas en la capa superficial, si las vías no presentan el mantenimiento adecuado, el deterioro del pavimento puede alcanzar niveles altos que pueden requerir su reconstrucción en periodos cortos con relación a su vida útil.

Hoy en día, en la ciudad de Tacna se presenta gran deterioro en la mayoría de las vías principales que conectan la ciudad, este deterioro es causado por el transporte de vehículos de carga y de personas, pero principalmente por no contar con un mantenimiento oportuno y adecuado, el deterioro del pavimento llega a tal punto que requiere su reconstrucción, como es el caso de avenidas principales como: Avenida Cusco, Avenida Jorge Basadre Grohmann - Circunvalación Oeste, Avenida Jorge Basadre Grohmann – Circunvalación Norte. Y distintas avenidas que fueron parcialmente reconstruidas a lo largo de estos años, causando así un gran malestar no solo para los propios conductores, sino también para el peatón y las personas que viven cerca de las avenidas principales.

El deterioro del pavimento perjudica la movilización de los vehículos a lo largo de la ciudad, causando así, tráfico vehicular, demora en los tiempos de llegada, molestia para los peatones y hasta ciertas condiciones como el estrés.

Existen actualmente varias investigaciones en donde demuestran los diferentes daños causados en las vías de la ciudad de Tacna, una de ellas es la Avenida Internacional, en donde se realizó el cálculo del valor IRI del pavimento asfáltico con el Rugosímetro de MERLIN obteniendo un rango de NO ACEPTABLE. (Gonzalo, J.; Beingolea, J., 2021). Otra vía principal que ha sido objeto de investigación; es la Avenida Jorge Basadre Grohmann – Norte en donde luego de realizar el cálculo del IRI por el método del PCI y del Rugosímetro de MERLIN, se determinó que el rango del Índice de Rugosidad Internacional es REGULAR. (Banegas, E.; Riega, M., 2019). La Avenida Gustavo Pinto también pertenece a una de las vías principales estudiadas en la ciudad, en donde luego de realizar el cálculo del valor IRI usando el MERLIN, se califica el estado del pavimento asfáltico de toda la avenida Pinto como MALO. (Flores, E.; Pilco, D., 2021).

De acuerdo con la Resolución Directoral N° 008-2014-MTC/14 Manual de Carreteras-Mantenimiento y Conservación Vial se requiere mantener en buenas

condiciones operativas la Red Vial nacional a cargo del MTC, la Red Vial Regional o Departamental a cargo de los Gobiernos Regionales y la Red Vial Vecinal o rural a cargo de los Gobiernos Locales, Provinciales y Distritales. Existen mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico y mantenimiento de emergencia, se desarrollarán de acuerdo a los resultados de la calificación del pavimento y de la servicialidad.

El valor IRI determinado en una investigación tiene una influencia directa en el estado del servicio referidos a la comodidad, costos operativos en mantener la vía y también en los vehículos, por lo cual es exigible efectuar pruebas de control mediante la medición de la rugosidad en pavimentos. La Municipalidad Provincial de Tacna como responsable de la avenida no tiene programado ningún proyecto de inversión pública, menos un plan de mantenimiento para recuperar una transitabilidad adecuada, tan solo se realizar algunos parcheos en la zona inicial de la avenida. Para determinar el valor IRI en pavimentos, actualmente existen metodologías innovadoras, como el aplicativo Roadroid y Abakal IRI para Smartphone, estos aplicativos ayudan a determinar el valor IRI en forma sencilla, económica y rápida.

Por otro lado, manifestar que en la presente investigación aplicaremos un método tradicional uso del MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI utilizando los teléfonos inteligentes, los cuales nos ayudan a obtener la rugosidad presente en la Av. Tarata, considerando un tramo de evaluación de 1,20 Km., métodos utilizados de vanguardia, de resultados confiables y efectivos para obtener los valores de la rugosidad que ayudan a la calificación del estado del pavimento y en función de ello, la calificación de la transitabilidad.

El índice de rugosidad presente en pavimentos flexibles incrementa los costos de mantenimiento y rehabilitación de la avenida, incrementa los tiempos de demora para el usuario y en el costo operativo del vehículo, por lo que es necesario efectuar evaluaciones periódicas en la medición de la rugosidad. Finalmente, con el resultado de la transitabilidad permitirá proponer el diseño de espesores de la estructura del pavimento para la Av. Tarata.

La figura 1 muestra la ubicación del tramo a intervenir en la Avenida Tarata con una longitud total de 1,20 Km, ubicado en la ciudad de Tacna.

Figura 1

Tramo de investigación de la Av. Tarata, L= 1,20 Km.



Nota. Tramo de evaluación calle Arias Aragüez – Av. J.B.G, tomado de Google Earth

La figura 2 muestra la situación actual de la vía a investigar, en donde se puede notar el estado de la carpeta de rodadura.

Figura 2

Vía investigada, presencia de parches y huecos, Av. Tarata



Nota. En la figura se muestra una vista panorámica de la vía

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos y cómo se podría mejorar la transitabilidad vehicular de la Av. Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cómo se realiza la evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos en el pavimento flexible de la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021?
- b. ¿Cómo el índice de rugosidad ayuda en la mejora de la transitabilidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021?
- c. ¿Qué propuesta de diseño de pavimento flexible mejora el índice de rugosidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021?

1.3 Justificación de la investigación

La investigación que se desarrolla está basado en la determinación del valor IRI para la mejora de la transitabilidad, utilizando métodos tradicionales y métodos de vanguardia, primero el Rugosímetro de MERLIN, y segundo la aplicación para teléfonos inteligentes el ABAKAL IRI, la ciudad de Tacna, presenta en sus vías principales y transversales diferentes patologías producto del descuido y falta de mantenimiento rutinario y al mismo tiempo falta de control en los procesos constructivos en la ejecución de proyectos de infraestructura vial, lo que influye en el usuario, incomodidad, stress, gastos operativos en el vehículo, contaminación y otros, que al final se elevan los costos de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción.

Conocer el Índice de Rugosidad, es indispensable para la toma de decisiones, efectuar un simple mantenimiento con resanes o parcheo, rehabilitación en la capa asfáltica colocando sellos asfálticos, recarpeteo o reemplazo de la capa asfáltica y refuerzo de la base granular, es importante conocer el estado de la avenida Tarata, para ello utilizaremos metodologías, primero el Rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI para teléfonos inteligentes. Los resultados de la investigación ayudaran en la toma de decisiones de acuerdo con la recomendación en función de los resultados, y estos resultados deben estar en el conocimiento de la comunidad para exigir a las

autoridades competentes la solución inmediata, para que los usuarios puedan transitar con mucha comodidad. Por otro lado, la información de los resultados beneficiará a los estudiantes de la especialidad de Ingeniería civil, para desarrollar investigaciones futuras y para los Ingenieros civiles, procedimientos de evaluación mediante metodologías modernas. En la investigación se determinó el estado del pavimento y la transitabilidad de la avenida Tarata, y como propuesta de mejora se diseñó los espesores del pavimento para que los usuarios puedan transitar con mayor comodidad.

Existen variedad de equipos en el mercado, para determinar el índice de rugosidad en la capa de rodadura de un pavimento, lógicamente los resultados son buenos, pero el costo es elevado, las metodologías utilizadas en la presente investigación son recomendables, el rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI para teléfonos inteligentes.

Por lo que, nuestra investigación utiliza para determinar el índice de rugosidad el método del rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI, de acuerdo a los resultados obtener un valor ponderado del valor IRI, calcular la transitabilidad para finalmente, determinar un diseño de espesores para la estructura como propuesta de mejora para la avenida Tarata.

1.3.1 Justificación ambiental

La utilización de las metodologías de mitigación resolver los problemas ambientales presentes generadas en el proceso constructivo por la utilización del asfalto y cemento asfáltico productos que pueden producir problemas ambientales. Por otro lado, la generación de polvo, la alteración paisajística, generación de residuos que pueden contaminar fuentes superficiales y/o subterráneas.

1.3.2 Justificación económica

En la ejecución de la investigación, en vez de utilizar tradicionalmente carpeta asfáltica en frío o caliente, se debe utilizar metodologías recientes, como es el uso de emulsiones asfálticas, metodología que utiliza el agua como elemento principal, el cual permitirá el ahorro a la empresa por la utilización de espesores mínimos de 1 cm o 2 cm.

1.3.3 Justificación teórica-científica

Los aspectos teóricos y las definiciones científicas en la aplicación ABAKAL IRI para teléfonos inteligentes, el uso del MERLIN, es determinar las explicaciones a las

irregularidades, fallas y fisuras que generan la incomodidad, la seguridad en el tránsito por la avenida Tarata.

1.3.4 Justificación social

En esta parte debemos considerar la afectación directa a los conductores y peatones, la Av. Tarata, califica el estado del pavimento como Malo, califica por ende la transitabilidad como Malo, generando incomodidad al momento de transitar, será necesario elevar las condiciones de confort y seguridad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos para mejorar la transitabilidad en la avenida Tarata, Tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Determinar el índice de rugosidad utilizando el método del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI, en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021
- b. Determinar la mejora de la transitabilidad en función del índice de rugosidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021
- c. Diseñar los espesores del pavimento flexible para mejorar el índice de rugosidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

La evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos permite mejorar la transitabilidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021.

1.5.2 Hipótesis Específicas

- a. La determinación del índice de rugosidad usando el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias

Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021, son confiables

b. La determinación del índice de rugosidad obtenido logra mejorar la transitabilidad de la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021

c. El diseño de espesores del pavimento flexible logra mejorar el índice de rugosidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

Según, Tamrakar et al. (2021) presentado en la 4th-ICTG "Rapid Pavement Roughness Measurement of Geogrid Stabilized Roads, investigación que evalúa los métodos sofisticados del estado del pavimento con el uso de la computadora, donde reemplaza a los métodos que evalúan de forma manual del pavimento. La utilización de las computadoras en la evaluación de los pavimentos está en la obtención de los datos de campo, en tiempo y los bajos costos y es posible repetir la obtención de los datos nuevamente. La investigación utiliza la aplicación del TotalPave como una metodología de rápida obtención del valor IRI de una vía estabilizada con geomalla, correlacionado para monitorear el rendimiento del aplicativo por hora. El valor IRI es determinado con la aplicación TotalPave en la zona oeste de la Carretera en Arizona y será comparado con un valor IRI estándar de la carretera en la zona oeste.

Según, Staniek, (2021) "Road pavement condition diagnostics using Smartphone-based data crowdsourcing in smart cities". Analizar la efectividad de la condición del camino utilizando los datos de los teléfonos inteligentes en el sistema del transporte, es el objetivo de la investigación. La investigación identificó y evaluó las fallas presentes en el pavimento de la carretera, mediante el análisis de la dinámica del movimiento del vehículo en la red de carreteras. Se equiparon con el teléfono inteligente al sistema de transporte y mediante el equipo envía información a un servidor RCT, los registros de la ubicación del vehículo, la velocidad, incluso las aceleraciones lineales. La propuesta desarrollada en la investigación permite el monitoreo global del estado funcional de la carretera en forma continua a través del sistema de transporte, para garantizar la información actualizada.

Según, Gonzalo, J. y Beingolea, H. (2021), "Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna - 2021", los autores efectúan una comparación al cálculo para medir la rugosidad del pavimento flexible, entre el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI en la Avenida Internacional en la ciudad de Tacna, obteniendo como conclusión al usar la tabla que clasifica los valores de IRI en el Perú según el MTC, se ubica el estado funcional del pavimento en la calificación como MALO y NO ACEPTABLE, utilizando la aplicación ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLIN, respectivamente. El autor concluye también que, existe similitud de los valores IRI, entre ambas metodologías.

Flores, E.; Pilco, D. (2021) En la tesis “Análisis Funcional del Pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular, utilizando el Rugosímetro de Merlin en la Av. Gustavo Pinto, Tacna – 2020”, los autores determinan el índice de rugosidad usando el Rugosímetro de MERLIN, en ambos carriles de la Avenida Gustavo Pinto, obteniendo valores IRI promedio en ambos carriles cuyo IRI es igual a 5,05 m/km, y concluyen con la clasificación del estado del pavimento como MALO.

Finalmente los autores recomiendan usar equipos calibrados y que se debe realizar en algunos tramos un reforzamiento de la subrasante y en otros tramos proponen un tratamiento superficial en la carpeta asfáltica.

Según, Reyes, (2020) “Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN”. Investigación que evalúa la carpeta asfáltica, determinando el índice de rugosidad presente en la Avenida La Prensa del Cantón Jipijapa; utilizando la metodología del MERLIN, aplicativos para teléfonos inteligentes y el uso de un software ProVAL evaluación efectuada desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+945, para la obtención de los datos de campo se utilizaron el Rugosímetro de MERLIN, el aplicativo TotalPave IRI, el aplicativo ABAKAL IRI y el software ProVAL. Se determinó los valores IRI de la Avenida la Prensa menores a 2 m/km, al mismo tiempo se efectúa la calificación del estado del pavimento como Bueno y la calificación de la transitabilidad también como Bueno de acuerdo al valor del PSI igual a 3,31.

Según, Zeballos, G. y Vizcarra, C. (2020) “Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: Puente El peligro – Emp. PE-40, Tacna - 2020”, donde el objetivo fue determinar el índice de rugosidad, usando la aplicación ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la vía vecinal TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna – 2020, donde los resultados en la determinación del IRI con el MERLIN, es de 3,73 m/km en el carril derecho y para el carril izquierdo se obtiene 3,53 m/km, con un ponderado de 3,63 m/km, con el cual se determina el estado de pavimento como REGULAR, luego se calcula el PSI resultando 2,59, calificando la transitabilidad como REGULAR.

En la determinación con la aplicación ROADROID, se obtuvieron valores IRI para el carril derecho = 3,75 m/km, para el carril izquierdo = 3,44 m/km, valores promedio que ayudan en el comparativo, obtenido usando MERLIN promedio = 3,60 m/km. Por lo reafirmaron que la aplicación ROADROID obtiene resultados similares al del rugosímetro de MERLIN, entonces los datos son fiables.

Según, Tamrakar, P. et al. (2019) "Use of an Innovative Technology for Measuring Surface Roughness of Pavements" expuesta en la GEO St. Jhon's 2019. Investigación desarrollada en Columbia Británica, específicamente en la ciudad de Cranbrook, lográndose rehabilitar algunos tramos del pavimento envejecido. El valor IRI de la carpeta asfáltica del pavimento es uno de los indicadores de desempeño del pavimento e influye en la calidad de la transitabilidad y afecta la estabilidad estructural del sistema de pavimento y las respuestas del pavimento debido al alto tráfico y la variabilidad climática. El artículo describe la utilización de las aplicaciones para teléfonos inteligentes para medir el valor IRI de pavimentos rehabilitados. La información del valor IRI obtenido en los pavimentos construidos con refuerzos de geomallas y diferentes condiciones de suelo ayudan a conocer el índice de rugosidad para evaluar y discutir su alternativa de mejora.

Según, Gondim, (2019) "Influencia de la calidad del recubrimiento de asfalto en las emisiones de contaminantes de vehículo ligero en Fortaleza – CE". Considera como objetivo la evaluación de las emisiones contaminantes a la atmósfera y sus efectos en la salud humana y el medio ambiente, la investigación evaluó la calidad del sello asfáltico en la zona urbana y como ello influye en las emisiones del CO que contaminan el aire en la zona de Fortaleza, Ceará. Para obtener los datos de campo referidos a la fuente que emite los contaminantes del CO y la obtención de los valores IRI, para el primero se utilizó una cámara de video de alta definición (HD) para filmar las emisiones, lo más cerca posible de la fuente que emite los contaminantes, es decir, directamente en el escape de los vehículos ligeros y para obtener el valor IRI se usó los aplicativos para teléfonos inteligentes. Con los resultados obtenidos no se descarta la relación que existe entre la calidad del sello asfáltico y cómo influye directamente en las emisiones.

Según Lloclla, A. y Sánchez, K. (2019) "Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para Smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de MERLIN". La investigación determinó los valores IRI; usando MERLIN igual a 7,31 m/km, 3,88 m/km, usando el Bump integrator igual a 6,75 m/km, 3,98 m/km y utilizando la aplicación ROADROID igual a 6,79 m/km, 3,04 m/km; resultados ponderados del valor IRI, confirma que el carril de bajada se encuentra en un estado más deteriorado que el de subida, finalmente en la Av. La Cultura el valor IRI promedio se encuentra fuera de los límites permitidos, y para análisis comparativo del índice de rugosidad obtenidos por varias metodologías tiene una variación de similitud del 18.92%.

Según, Camacho P., (2018) "Evaluación y análisis de la rugosidad en

pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el rugosímetro de MERLIN”, considera que la investigación se focaliza en la evaluación del índice rugosidad, en la vía más transitada de la ciudad de Puno la Av. Floral, utilizando para ello la aplicación ROADROID en teléfonos inteligentes y el resultado obtenido utilizar en el comparativo del valor IRI obtenido por el método del MERLIN, metodología garantizada por el Banco Mundial, como el equipo más recomendados para calibrar otros equipos. La investigación concluye que la metodología del aplicativo ROADROID para teléfonos inteligentes determina valores IRI similares al obtenido por el rugosímetro de MERLIN, con mejores rendimientos y a bajo costo.

Según, Allaire, F. y Hanson, T., (2017) “Potential of road roughness data from smartphones as an input to spring weight restriction decisión-making”. La investigación tiene como objetivo monitorear una red de carreteras en tiempo real los cambios críticos en la resistencia de la vía, para ello utilizo los Smartphone como equipo móvil efectivo y preciso para obtener los datos del acelerómetro que puede ser convertido a valores IRI. Los Smartphone tienen el potencial del alcance y la frecuencia del control de la rugosidad, por lo que se instrumenta en vehículos de flota de pasajero y carga. La determinación del valor IRI promedio fueron tomados de cuatro ensayos durante 26 días, variando los días, a diferentes velocidades, iniciando con 80 km / h, luego a 60 km / h en una vía vecinal debido al excesivo flujo vehicular. Los valores IRI se duplicaron desde la línea de base al pico en ambas secciones: 1,35 m / km (2,54 m / km); 3,34 m / km, (6,60 m / km).

Según, Ramirez, (2017) “Cálculo del IRI mediante acelerómetro de Smartphone en el tramo Huarmey – Casma de la carretera Panamericana Norte”, la investigación tiene como objetivo obtener valores IRI usa un perfilómetro láser y la aplicación ROADROID, para efectuar un análisis comparativo entre los datos obtenidos por la concesionaria. Anualmente la concesionaria de la Red Vial 4 utiliza el perfilómetro láser para obtener valores IRI para calificar el estado de la vía y tomar acciones preventivas para lograr un buen nivel de transitabilidad.

Por lo que, efectuará mediciones en un tramo de la Red Vial 4 usando el aplicativo Roadroid y con los datos obtenidos evaluar la eficiencia del aplicativo usado en teléfonos inteligentes.

La evaluación usando el aplicativo fue el tramo de Huarmey – Casma, vía de dos carriles para cada dirección, sur a norte y viceversa, obteniendo valores IRI promedio de 1,2 m/km y 1,3 m/km en cada calzada y con el perfilómetro láser se obtuvo 1,11 m/km y 1,16 m/km, se concluye que los datos obtenidos son similares, por lo tanto,

los valores obtenidos con la aplicación ROADROID son fiables.

Según, Laura, (2016) “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN - 2016”, la investigación determinó el porcentaje de similitud que existe, utilizando las metodologías del rugosímetro de MERLIN y el uso del aplicativo ROADROID, evaluando la carretera Cusco – Urcos; también analiza la diferencia de los resultados obtenidos, las ventajas de usar el aplicativo con respecto al MERLIN, la calificación de la transitabilidad de la carretera y el comparativo de los valores IRI obtenidos por ambas metodologías.

La investigación concluye indicando que los resultados obtenidos con el aplicativo Roadroid tiene una similitud del 89% con respecto al Rugosímetro de MERLIN, los datos son confiables que se obtiene en tiempos cortos, menos recursos y a un bajo costo.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Bases normativas

2.2.1.1 Manual de carreteras, mantenimiento o conservación vial.

El “Manual de Mantenimiento o Conservación Vial” forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

2.2.2 Bases teóricas Variable independiente

2.2.2.1 Índice de rugosidad - IRI

El IRI es el índice de rugosidad internacional determinado en una vía, expresado en m/km para verificar la calidad en la capa de rodadura, según Sayers, M. y Karamihas, S., (1998). Según, Perera, RW. y Kohn, SD., (2002) se define como una distorsión vertical en la carretera produciendo incomodidad en el viaje.

2.2.2.2 Cálculo de la rugosidad

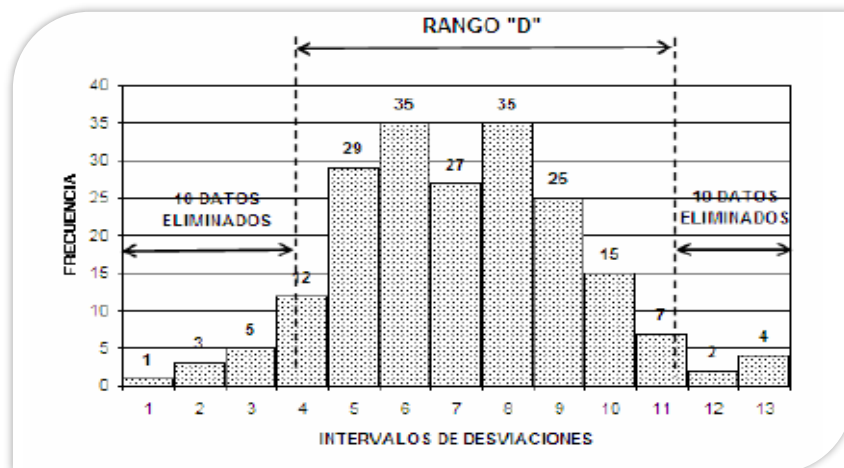
La metodología utilizada con frecuencia en nuestro país es el uso del rugosímetro de MERLIN.

La metodología genera en el campo la obtención de 200 datos y con ello es posible determinar el índice de rugosidad, en el tablero del rugosímetro se encuentra una escala de 50 unidades cada 5 mm., con ellas registramos las 200 posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división N° 25 viene a ser la posición central del tablero, los valores por debajo a 25 significa que tiene una dispersión baja, es decir baja rugosidad, mientras que las posiciones por encima de 25 significan que tiene dispersión alta, en otras palabras, rugosidad alta.

Con los datos de campo obtenidos en el ensayo con el MERLIN se grafica la distribución de frecuencias en forma de histogramas de las 200 lecturas obtenidas por el puntero en el tablero, como se muestra en la figura 3. Luego del descarte del 10% de datos en el rango de valores agrupados en la distribución de frecuencias, datos poco representativos, las cuales son eliminadas en la practica 10 datos del lado derecho y 10 datos del lado izquierdo, según, Del Aguila, (1999).

Figura 3

Histograma de distribución de frecuencias



Nota: Tomado de. Del Aguila, (1999). Del sitio web: <https://dokumen.tips/documents/manual-usuario-merlin.html?page=4>

Anulado los 10 datos de la izquierda y 10 datos de la derecha, se calcula el “ancho del histograma” en unidades MERLIN, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. En la Figura 3, por ejemplo, en el lado izquierdo 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 lado derecho del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $3/7=0,43$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $0,92+6+0,43 = 7,35$ unidades.

El Rango D esta expresado en escala MERLIN, por lo que se debe multiplicar por 5 mm para obtener el rango D, de la forma siguiente:

Rango D = D unidades x 5mm = D en mm.

Factor de corrección.

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

Donde:

EP = Espesor de la pastilla

Li = Lectura inicial.

Lf = Lectura final.

Cálculo del Rango D corregido.

$$Dc = D \times FC \quad (2)$$

Cálculo de IRI

$$IRI = 0,593 + 0,047Dc \quad (3)$$

2.2.2.3 Cálculo de la transitabilidad en razón del IRI calculado

Para conocer la transitabilidad, es necesario determinar el valor IRI, con la metodología adecuada, y en función del IRI obtenido se procede a calcular el PSI, utilizando la tabla 1 proceder a la calificación de la transitabilidad. Sologorre, (2005).

Tabla 1

Transitabilidad en función del IRI

PSI	TRANSITABILIDAD
0 – 1	Muy mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

Nota. Tomado de Sachún, (2016). Del sitio web: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2548>

2.2.2.4 Aspectos importancia de la rugosidad en la superficie de rodadura

El índice de rugosidad en la capa de rodadura para la circulación de los vehículos considera de mucha importancia diversos aspectos, tales como:

- a. **Seguridad y comodidad:** Ofrece buenas condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios.
- b. **Costos de operación vehicular:** Incide en los costos operativos de los

vehículos, la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad afecta negativamente, lo que refleja en un mayor consumo de combustible.

c. **Efectos dinámicos:** Reflejado por las irregularidades de la carretera, lo cual es detectado no solo por los vehículos, también en la estructura del pavimento, incrementando en el mantenimiento.

d. **Acciones de conservación de las vías:** Buenos procesos constructivos, para incrementar la vida útil, vía sin presencia de fallas, grietas ni deformaciones; es necesario analizar el volumen de tráfico frente a la capacidad de la vía, situaciones climáticas, materiales de construcción y la calidad del suelo natural o subrasante.

2.2.2.5 Escalas y características de la rugosidad

El índice de rugosidad se presenta en m/km, varía de 0 a 20 m/km desde un camino uniforme perfecto hasta casi imposible de transitar. La tabla 2 muestra los valores de la rugosidad utilizados internacionalmente en función de m/km.

Tabla 2

Valor del índice de rugosidad (m/km)

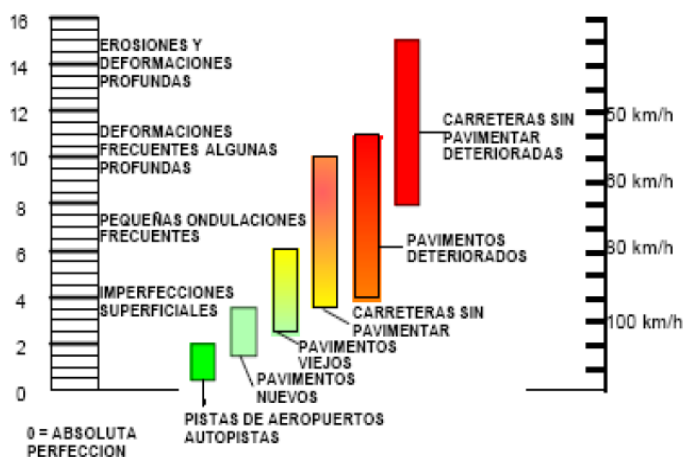
País	B	R	M	Rechazo	Recepción
EE. UU	< 2,4	2,4 – 4,7	> 4,7		
España	0 – 2,5	2,5 – 4,0	> 5,0	2,85	1,85
Chile	0 – 3,0	3,0 – 3,6	> 4,0	2,50	2,5
Honduras	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0		
Uruguay	< 3,9	4,0 – 6,0	> 4,6		

Nota. Se muestra los valores de la rugosidad utilizados internacionalmente Alvarenga E. , (2002). Del sitio web: [/https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf](https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf)

La figura 4 detalla las escalas determinadas por el Banco Mundial con la que se puede calificar el estado del pavimento.

Figura 4

Escala estándar empleado por el Banco Mundial.



Nota. En la figura se muestra las escalas determinadas por el Banco Mundial, para calificar el estado del pavimento. Del sitio [web: /https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt108.pdf](https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt108.pdf)

También, Sayers, M. y Karamihas, S., (1998) muestra una escala para la cuantificación del IRI en diferentes tipos de vías; la escala se encuentra de acuerdo con lo mostrado seguidamente:

- IRI de 0 a 12 : Vías pavimentadas
- IRI de 0 a 20 : Vías no pavimentadas

Donde 0 m/km es un camino perfectamente uniforme y 12 o 20 un camino intransitable.

La norma técnica peruana recomienda obtener un máximo de 2,5 m/km de IRI para las vías principales, según lo que se presentan en la tabla 3, con un límite de la velocidad máxima para diseñar estas vías entre 80 y 100 km/h.

Tabla 3

Valores IRI

País	Estado del Pavimento		
	Bueno	Regular	Malo
EE. UU.	< 2,4	2,4 – 4,7	> 4,7
Chile	0 – 3,0	3,0 – 4,0	> 4,0
Honduras	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
Uruguay	< 3,9	4,0 – 4,6	> 4,6
Perú	< 2,5	2,5 – 4,5	> 4,5

Nota. Se muestra los valores IRI utilizados para la calificación del estado del pavimento. Alvarenga, (2002). Del sitio web: [/https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf](https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf)

2.2.2.6 Rugosímetro de MERLIN

Instrumento sencillo utilizado frecuentemente en países emergentes, diseñado con una variación del perfilómetro estático y por su gran performance en sus resultados, califica como un método Clase 2. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, es el 98% y es recomendable para calibrar algunos equipos de tipo respuesta como el Bump Integrator y Mays Meter, solo es superado con la evaluación de Mira y Nivel.

En la figura 5 se muestra como es el uso del Rugosímetro de Merlín utilizado en la superficie de la capa de rodadura de una vía pavimentada para obtener los datos de rugosidad y valores IRI.

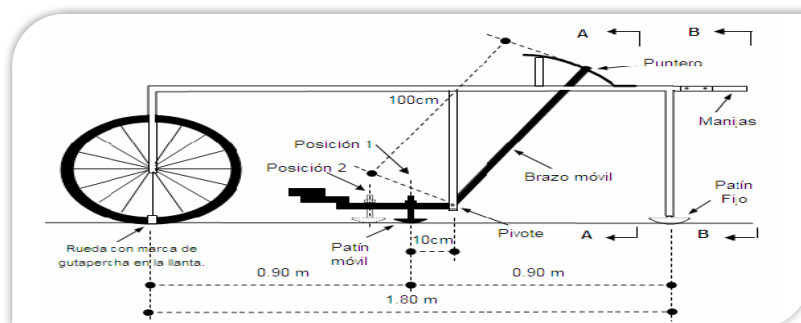
Figura 5
Rugosímetro de MERLIN



Nota. Instrumento económico y sencillo para determinar valor IRI. Del sitio web: <https://slideplayer.es/slide/18128323/>

En la figura 6 se muestran las partes y detalles que componen el Rugosímetro de Merlín.

Figura 6
Detalles del instrumento MERLIN



Nota. Tomado de Del Aguila, (1999). Del sitio web: <https://dokumen.tips/documents/manualusuariomerlin.html?page=4>

Según, Del Aguila, (1999) el instrumento tiene una separación del patín fijo a la marca de la rueda una longitud de 1,8 m, el patín móvil sobre la superficie de la vía mide la distancia vertical Y , entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante que une la base de los dos pies.

El resultado es registrado en una hoja de campo hasta completar las 200 observaciones y con ello se genera un histograma de frecuencias. Para obtener la lectura del puntero, se usa una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, colocada en el tablero.

En la figura 7 se muestra el Rugosímetro de Merlin junto con el tablero que presenta una escala gráfica de los valores de rugosidad y el cual es registrado en una hoja de campo a través del movimiento del puntero que lo compone.

Figura 7

Tablero con escala gráfica



Nota. Se muestra el tablero que registra el movimiento del puntero y tiene 50 divisiones de 5 mm entre ellos.

2.2.2.7 Forma de Utilización del MERLIN

En la ejecución del ensayo es necesario tres personas que trabajen conjuntamente, un operador y dicta las lecturas, un asistente que anota la lectura y un tercero que controla el tráfico y puede realizar tomas fotográficas.

Para obtener el valor IRI se necesita 200 lecturas, las cuales son detectadas por el patín móvil, y la posición del puntero en el tablero, obteniendo las lecturas. El ensayo se efectúa cada 2m de distancia, en la práctica al cabo de una vuelta de la rueda.

Las lecturas están entre el valor 1 hasta el 50, las cuales son tomadas y anotadas en un formato de campo, ver figura 8, las lecturas son anotadas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Del Aguila, (1999).

En la figura 8 se muestra el formato para la obtención de datos, el cual es registrado en tramos de 400 m, con lecturas cada 2m.

Figura 8

Hoja de campo para obtener los datos

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

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

ENSAYON° KM + HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											ASFALTO <input type="checkbox"/>
3											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4											BASE IMPERMEADA <input type="checkbox"/>
5											TRAT. MECAN. <input type="checkbox"/>
6											CARPETA EN FRO <input type="checkbox"/>
7											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
8											RECAMOS ASFALTICO <input type="checkbox"/>
9											DELLI <input type="checkbox"/>
10											OTROS <input type="checkbox"/>
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

OBSERVACIONES : _____

Nota. Se muestra el formato para la recolección de los datos en un tramo de 400 m, con lecturas cada 2 m., tomado de: Del Aguila, (1999). Del sitio web: <https://dokumen.tips/documents/manualusuariomerlin.html?page=4>

2.2.2.8 Aplicación ABAKAL IRI

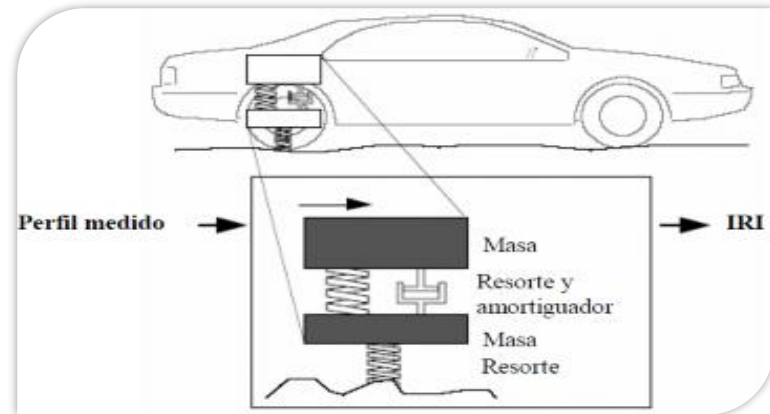
Calcula el IRI usando los sensores de vibración y el GPS de Android del Teléfono, realiza graficas e informe del valor IRI cada 100 m., a la vez se puede calibrar. Por otro lado, el modelo que utiliza es el modelo de cuarto de carro.

En la figura 9 se puede observar la metodología del cuarto de coche, la cual representa la rueda posterior de un coche, donde el perfil es medido usando los resortes, la masa vehicular y amortiguadores, bajo un coeficiente patrón, finalmente

obtiene las irregularidades en el perfil longitudinal

Figura 9

Modelo de cuarto de coche

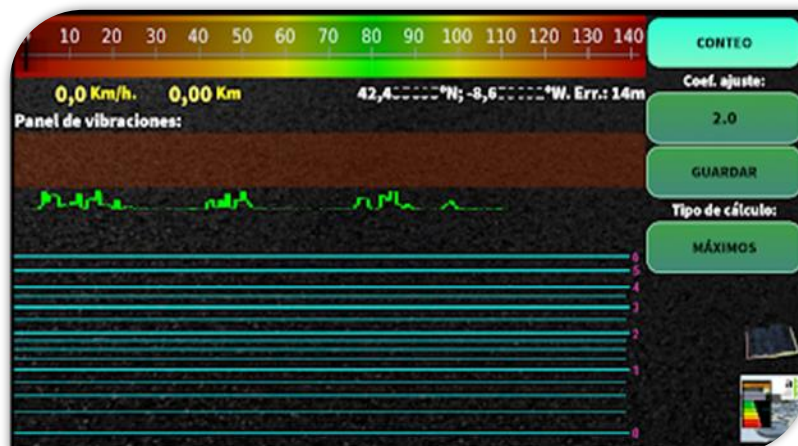


Nota. Tomado de: Sayers, M. & Karamidas, S., (1988). Del sitio web: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/21605/90151.pdf?sequence=1>

En la figura 10 se observa la pantalla de inicio del Aplicativo ABAKAL IRI, el cual sirve para obtener los valores IRI de la superficie de rodadura.

Figura 10

Aplicativo ABAKAL



Nota. Tomado de ABAKAL, (2020). Del sitio web: <http://carreteras-laser-escaner.blogspot.com/2018/10/manual-iri-android-2.html>

2.2.2.9 Utilización del aplicativo ABAKAL IRI

Primero se coloca el soporte del teléfono en el parabrisas del vehículo para facilitar la operatividad en el ajuste del método estadísticos o los máximos. El método estadístico pondera el ajuste de elevación o reducción del valor IRI de la vibración transmitida por el coche al teléfono. Es muy difícil establecer cuál de los métodos se debe calibrar,

razón por el cual se hace necesario conocer un IRI externo, mayormente usado el MERLIN para calibrar de acuerdo con el valor IRI determinado y elegir el mejor en cada caso. Para la evaluación debe mantenerse una velocidad constante en 80 km/h, para carreteras y de 40km/h a 60km/h en vías urbanas. En la figura 11 se observa el uso del Aplicativo ABAKAL IRI el cual se van registrando los valores IRI cada 100m.

Figura 11

Ubicación del teléfono.

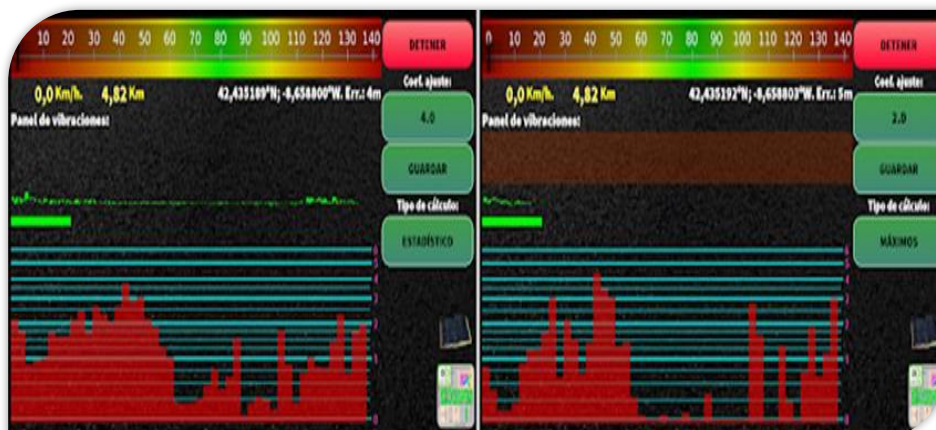


Nota. Viene a ser la forma de colocar el soporte en el parabrisas del vehículo, por las facilidades de operación. Del sitio web: https://apkpure.com/es/iriregularidadcarreteras/com.luisnieto.iri_calc_free

En la figura 12 se observan los resultados de los valores IRI.

Figura 12

Métodos de cálculo.



Nota. La metodología del ABAKAL IRI define métodos estadísticos y máximos para calcular IRI, tomado de ABAKAL, (2020). Del sitio web: <http://carreteras-laser-escaner.blogspot.com/2018/10/manual-iri-android-2.html>

2.2.2.10 Resultados que genera el aplicativo ABAKAL IRI

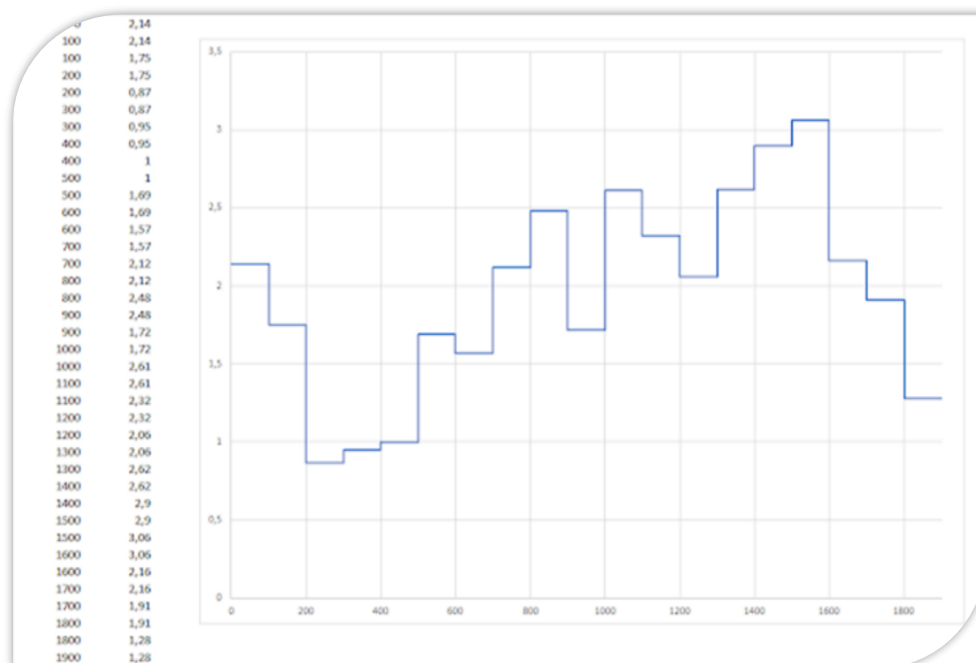
La aplicación ABAKAL IRI, obtiene tres tipos de archivos, como resultado de la evaluación y estas se guardan en un directorio “/storage/0/Abakal/IRI”

- El informe IRI.csv.
- El informe IRI2.csv.
- El IRI.kml.

En la figura 13 se observa el primer archivo que genera el aplicativo ABAKAL IRI, el cual se ve reflejado en este gráfico.

Figura 13

Informe IRI.csv



Nota. Tomado de ABAKAL, (2020). Del sitio web: <http://carreteras-laser-escaner.blogspot.com/2018/10/manual-iri-android-2.html>

En la tabla 4 se observa el segundo archivo que genera el aplicativo ABAKAL IRI, el cual refleja los valores IRI, velocidad y el desplazamiento generado.

Tabla 4*Informe IRI2.csv*

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	72,00	200	0,87
42,454814	-8,673987	119	73,30	300	0,95
42,455341	-8,672945	124	76,32	400	1,00
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	-8,669230	146	73,55	800	2,12

Nota. Resultados del valor IRI de acuerdo al formato, tomado de ABAKAL, (2020). Del sitio web: <http://carreteras-laser-escaner.blogspot.com/2018/10/manual-iri-android-2.html>

En la figura 14 se observa un ejemplo del desplazamiento del vehículo y evaluación del pavimento diferenciado por colores.

Figura 14*Informe IRI.kml*

Nota. Desplazamiento de evaluación por colores, tomado de ABAKAL, (2020). Del sitio web: <http://carreteras-laser-escaner.blogspot.com/2018/10/manual-iri-android-2.html>

2.2.3 Bases teóricas Variable dependiente

2.2.3.1 Transitabilidad

Viene a ser el nivel de servicio que presta una vía, en función de la calificación del estado funcional de la capa de rodadura para determinar un adecuada serviciabilidad.

En la evaluación de la transitabilidad de una carretera, utilizamos el valor del PSI, que viene a ser un índice de serviciabilidad presente, el cual establece la funcionalidad y un adecuado servicio de la carretera. Los valores del PSI se encuentran en una escala de 0 a 5, según como se observa en la tabla 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor. Pomasonco de la Cadena, (2010).

Tabla 5
Escalas de calificación de la transitabilidad

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

Nota. Tomado de la Guía AASHTO. Del sitio web: https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1

2.2.3.2 Metodología de diseño Instituto del Asfalto

La metodología del Instituto del Asfalto para el diseño de espesores de la estructura del pavimento asfáltico, es utilizado para vías urbanas generalmente, ayuda a determinar el espesor del pavimento, considerando:

- Numero de tránsito de diseño.
- Resistencia de la subrasante o terreno natural, valor CBR.
- El Índice medio diario de vehículos, IMD.
- Clasificación vehicular.
- Peso promedio de vehículos pesados.

Cálculo del valor N en el carril.

Considerando los datos del aforo vehicular, se determina el % de vehículos pesados para conocer cuánto de ese % corresponde al carril de diseño.

El Instituto del Asfalto, recomienda la distribución de vehículos pesados que conviene considerar en el carril de diseño, de acuerdo con la geometría de la vía.

$$N = \text{IMD} \times A/100 \times B/100 \quad (4)$$

Donde:

A = % de camiones pesados.

$$A = (\sum \text{VP}/\text{TDPA}) \times 100 \quad (5)$$

B = es el % de camiones pesados en el carril de diseño.

El porcentaje del tránsito total de vehículos pesados se obtiene a través de la tabla 6 en la que se evalúa según el total de carriles de la vía.

Tabla 6
Porcentaje del tránsito total de vehículo pesado

% del tránsito total de vehículo pesado en dos direcciones a considerar en el carril de diseño	
N.º Total de carriles en la carretera	% de camiones a considerar en el carril de diseño
2	50
4	45 (oscila entre 35-48)
6 o más	40 (oscila entre 25-48)

Nota. Tomado de: Velásquez, (1978). Del sitio web: <https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

Cálculo del peso promedio de los vehículos pesados (Ppc).

$$Ppc = \sum (\text{N}^\circ \text{ de vehículos pesados}) (\text{peso total de vehículos}) / \sum VP \quad (6)$$

Límite de carga legal por eje sencillo, establecido por el MTC

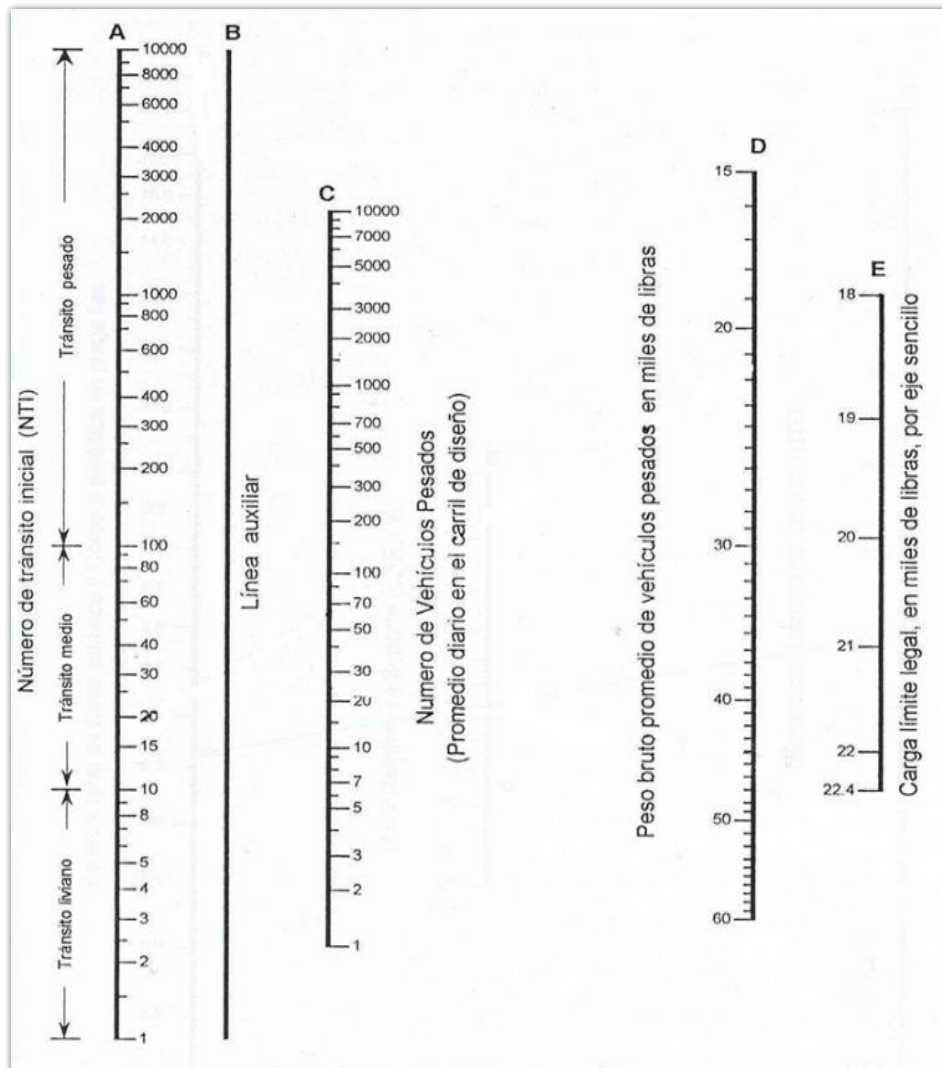
Se utiliza como estándar un eje sencillo, soportando una carga total de 8,2 Ton. (18,000 lb), es decir 4,1 Ton por rueda.

Cálculo del número de tránsito inicial (NTI)

Con toda la información anterior podrá establecerse el número de tránsito inicial (NTI). En la figura 15 se muestra el ábaco para calcular dicho valor, haciendo uso del nomograma siguiente

Figura 15

Ábaco para calcular NTI



Nota. Velásquez, (1978). Del sitio web: <https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

Cálculo del número de tránsito de diseño (NTD)

Considerando 20 años el periodo de diseño y una tasa de crecimiento de tránsito anual, se determina el factor de corrección que se aplica al NTI, a través de la tabla 7 es que se logra obtener el número de tránsito de diseño (NTD).

$$NTD = (NTI) \times (\text{Factor de corrección}) \quad (7)$$

Tabla 7*Factores de ajuste al NTI*

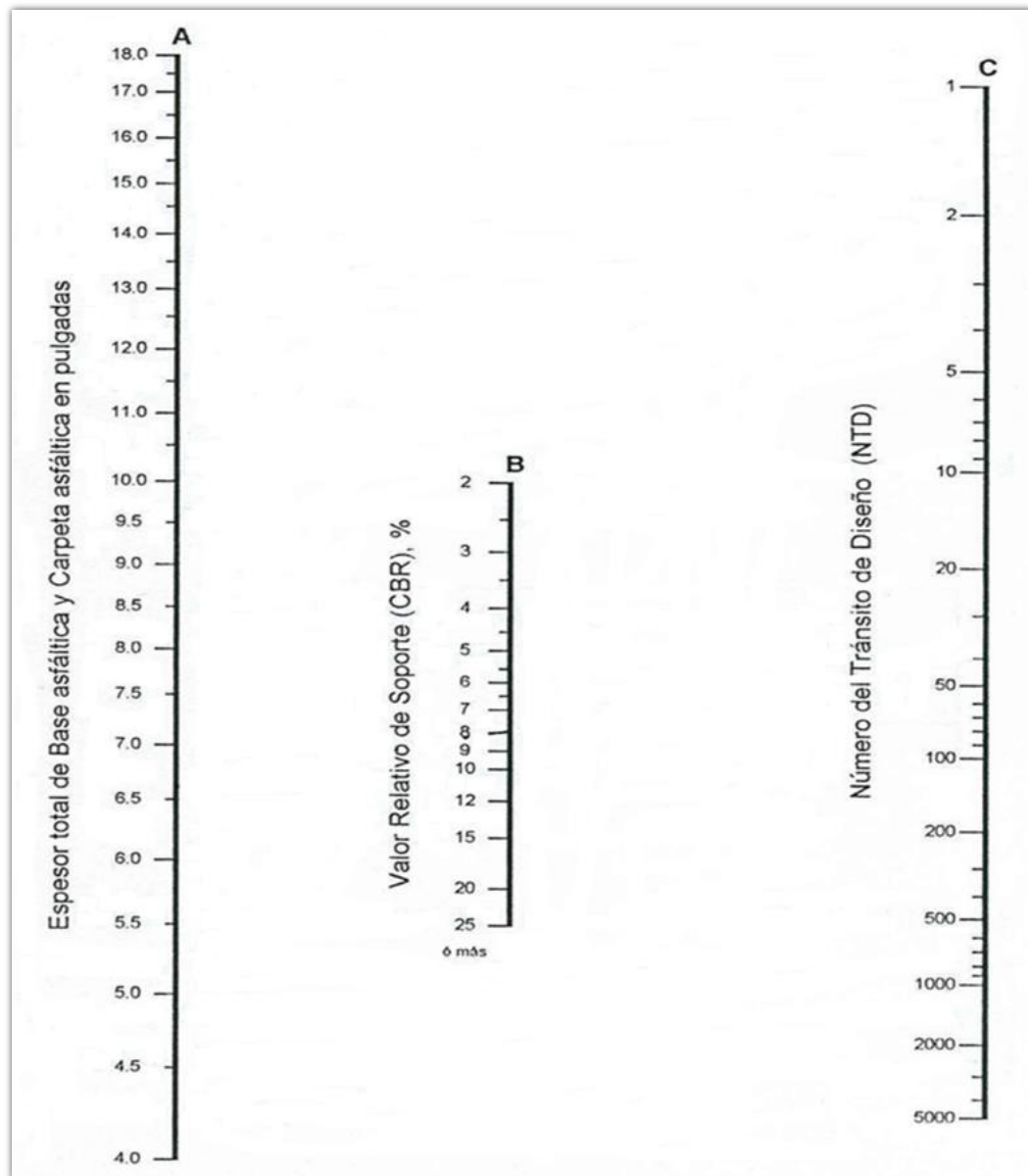
Periodo de diseño (años)	% de crecimiento anual				
	2	4	6	8	10
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
4	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23
6	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39
8	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57
10	0,55	0,60	0,66	0,72	0,80
12	0,67	0,75	0,84	0,95	1,07
14	0,80	0,92	1,05	1,21	1,40
16	0,93	1,09	1,28	1,52	1,80
18	1,07	1,28	1,55	1,87	2,28
20	1,21	1,49	1,84	2,29	2,86
25	1,60	2,08	2,74	3,66	4,92
30	2,03	2,80	3,95	5,66	8,22

Nota. Velásquez, (1978). Del sitio web:
<https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

En la figura 16 se muestra el monograma el cual se usará para determinar el espesor del pavimento.

Figura 16

Ábaco para determinar el espesor del pavimento.



Nota. Velásquez, (1978). Del sitio web: <https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

Cálculo del espesor mínimo de carpeta asfáltica

Mediante la tabla 8 de espesores mínimos se obtiene el espesor mínimo de la carpeta asfáltica, en función del Esal de diseño o el valor del NTD.

Tabla 8*Espesores mínimos de carpeta*

Valor NTD	Espesor mínimo de carpeta asfáltica
Menor de 10 (tránsito reducido)	1 " (2,50 cm.)
Entre 10 y 100 (tránsito mediano)	1 ½" (3,80 cm.)
Mayor de 100 (tránsito intenso)	2 " (5,0 cm.)

Nota. Tomado de Velásquez, (1978). Del sitio web:
<https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuelvelazquez>

Relación de capas de la estructura del pavimento

La relación de capas convencionales es utilizada para determinar el espesor real de la estructura del pavimento, esta se obtiene a través de la tabla 9.

Tabla 9*Relación de capas de la estructura del pavimento.*

Capas	Relación
Entre base granular y carpeta asfáltica	2.00 : 1.00
Entre sub base granular y base de concreto asfáltico	2.70 : 1.00
Entre sub base y base granular	1.35 : 1.00

Nota. Velásquez, (1978). Del sitio web:
<https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

2.3 Definición de términos

2.3.1 Índice de Rugosidad

Parámetro que mide el estado más característico de la condición funcional de la capa de rodadura de un pavimento.

2.3.2 Ensayos No Destructivos

“Los ensayos no destructivos son aquellos ensayos que no alteran la forma ni las propiedades de un objeto. No producen ningún tipo de daño en él o e daño es prácticamente imperceptible. Este tipo de ensayos sirven para estudiar propiedades físicas, químicas o mecánicas de algunos materiales” (SCI Control & Inspección).

2.3.3 Transitabilidad

“Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo” (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2018).

2.3.4 Rugosímetro De Merlín

Instrumento utilizado para obtener lecturas cada 2 m. lo cual será utilizado para calcular el valor IRI.

2.3.5 Rehabilitación

“Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros” (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2018).

2.3.6 Abakal

Aplicación de origen español utilizado en teléfonos inteligentes, utilizado para determinar el valor IRI de calles y carreteras.

2.3.7 Teléfono Inteligente

Equipo telefónico con pantalla táctil, que permite al usuario conectarse a internet, gestionar cuentas de correo electrónico e instalar otras aplicaciones y recursos a modo de pequeño computador.

2.3.8 Pavimento Flexible

“Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos” (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2018).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Nivel de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es aplicada, porque busca la aplicación de los conocimientos y los vincula con el diseño de campo, cuando se efectúa en un ambiente natural, donde no existe manipulación de variables. Hernández, R. et al., (2014).

3.1.2 Nivel de la investigación

La investigación es descriptiva - exploratoria, porque busca generar y ampliar nuevos conocimientos de manera metódica y sistémica, es exploratorio, porque pretende ahondar con la investigación alcances poco antes estudiada, estableciendo prioridades para futuras investigaciones. Hernández, R. et al., (2014).

3.2 Población y/o muestra de estudio

3.2.1 Población

La población considera a todas las vías del Centro Poblado Leoncio Prado, considerando vías principales y secundarias que conecta a la ciudad de Tacna con el distrito de Alto de la Alianza y las provincias de Tarata y Candarave, inicia en la calle Arias Aragüez y termina en la avenida Jorge Basadre Grohmann.

3.2.2 Muestra

La muestra de estudio es la Av. Tarata, tramo de investigación es la Calle Arias Aragüez - avenida Jorge Basadre Grohmann con una longitud de investigación de 1,20 km.

3.3 Operacionalización de las variables

3.3.1 Variable independiente

X1= Evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos.

- Definición conceptual.
Índice que permite las deformaciones verticales de una vía.
- Definición operacional.

El cálculo del índice de rugosidad cumpliendo los lineamientos de la NTP CE.010.

Indicadores

- Índice de rugosidad
- Índice ABAKAL (IRI)
- Cálculo del rango D
- IRI con el MERLIN
- Correlación D versus IRI

3.3.2 Variable dependiente

Y1 = **Mejorar la transitabilidad vehicular**

- Definición conceptual.
Percepción del usuario referente al nivel de servicio del pavimento.
- Definición operacional.
Adecuada disponibilidad de uso.

Indicadores

- Cálculo del índice de rugosidad
- Escala y características del IRI
- Transitabilidad en función del IRI
- Diseño de espesores de la estructura del pavimento

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Utilizando la aplicación ABAKAL IRI y el Rugosímetro de MERLIN, para el cálculo del valor IRI en el pavimento flexible en su capa de rodadura, finalmente en base a los IRI calculado con ambas metodologías podemos calificar el estado del pavimento y determinar la transitabilidad en la Av. Tarata, por otro lado, el resultado nos permite diseñar los espesores necesarios utilizando el método del Instituto de Asfalto, como mejora de la transitabilidad.

3.4.1 Técnicas

Las técnicas utilizadas para obtener valores IRI, mediante la aplicación del ABAKAL IRI en un teléfono inteligente, colocado en el parabrisas de una camioneta Toyota Hilux y el método del MERLIN que también obtiene valores IRI.

La figura 17 muestra la realización del ensayo con el Rugosímetro de Merlín en la Av. Tarata.

Figura 17

Inicio del ensayo utilizando MERLIN



Nota. Inicio del ensayo en el punto de la Calle Arias Aragüez, a la 5:00 horas

En la figura 18 se observa la toma de datos obtenidos a través del Rugosímetro de Merlín a lo largo de la Av. Tarata.

Figura 18

Ensayo con el MERLIN carril de bajada



Nota. Ensayo en campo para obtener los datos cada dos metros usando MERLIN

En la figura 19 se muestra la toma de datos en el carril de subida de la Av. Tarata.

Figura 19

Ensayo con el MERLIN carril de subida



Nota. Continúa la obtención de datos utilizando el MERLIN

En la figura 20 se muestra la calibración del aplicativo ABAKAL IRI.

Figura 20

Calibración del aplicativo ABAKAL



Nota. Se utiliza un vehículo para la obtención del valor IRI

En la figura 21 se muestra el montaje en el parabrisas de la camioneta, el cual es un lugar estático para realizar el ensayo a través del aplicativo ABAKAL IRI.

Figura 21

Montaje y configuración del aplicativo



Nota. Se coloca en el parabrisas de un vehículo.

En la figura 22 se muestra la obtención de los valores IRI, resultado de la realización del ensayo en la Av. Tarata.

Figura 22

Medición de los valores IRI



Nota. Tomando datos en el ensayo los valores IRI en la Av. Tarata

En la figura 23 se muestra la obtención de los valores IRI, resultado de la realización del ensayo en la Av. Tarata.

Figura 23

Modo activado para obtener IRI



Nota. Continúa la obtención de los datos de los valores IRI en la Av. Tarata

En la figura 24 se muestra la recopilación de los valores IRI, resultado de la realización del ensayo en la Av. Tarata.

Figura 24

Recopilación de datos IRI en el punto final



Nota. Intersección Av. Tarata con la Av. Jorge Basadre Grohmann

3.4.2 Instrumentos

- Teléfono inteligente.
- MERLIN.
- Guías de observación y formatos de campo.
- Cámara fotográfica.
- Formato para aforo vehicular.
- Cronómetro.
- Wincha de 10 m.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

En base a la información obtenida en campo del aplicativo ABAKAL, los cálculos del IRI son realizados cada 100 m. carril derecho y carril izquierdo. También el Rugosímetro de MERLIN en la Av. Tarata, evalúa en ambos carriles tramos de 400 m. mediante el cálculo de la rugosidad internacional (IRI), para el procesamiento de los datos y cálculos se utiliza la Hoja electrónica EXCEL

Finalmente, con los datos tabulados podremos establecer una calificación del pavimento y calcular la transitabilidad para ambas metodologías. Resultado que nos permitirá proponer un diseño de espesores de la carpeta asfáltica para la Av. Tarata, utilizando el método del Instituto del Asfalto.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados del valor IRI obtenido con el Rugosímetro de MERLIN

Para determinar la medición del valor IRI, según la metodología se consideran tramos de ensayo en 400 m, cada lectura en dos metros, obteniendo las 200 lecturas que ayudaran a procesar mediante la hoja Excel y determinar el valor IRI, evaluados en el carril de bajada y carril de subida de la Av. Tarata.

4.1.1 Datos de campo obtenidos con el rugosímetro de MERLIN

Se detallan los datos de campo, primero el carril de bajada y luego en el carril de subida: En la tabla 10 se observa la hoja de campo, entre las progresivas 0+000 - 0+400

Carril de Bajada

Tabla 10

Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+000 – 0+400

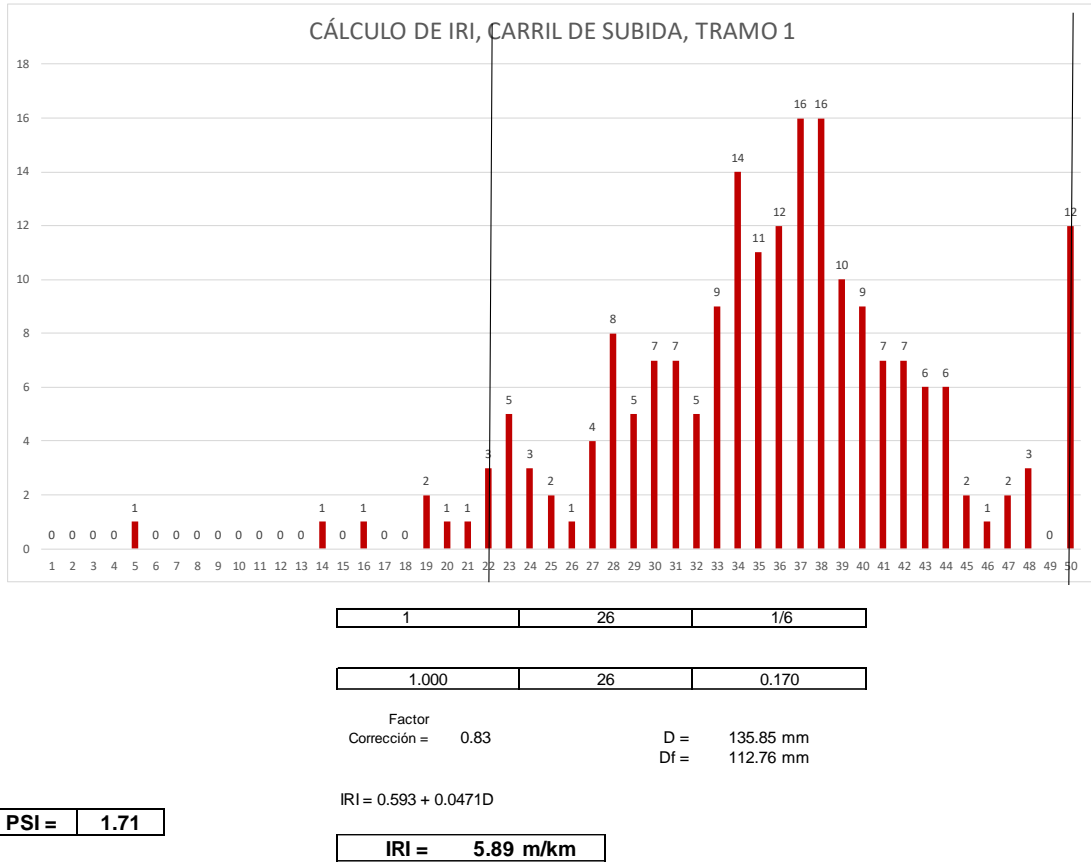
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28	36	33	41	31	29	34	30	33	16
2	22	33	44	47	41	40	20	34	32	22
3	41	27	19	31	50	50	48	42	35	33
4	32	40	25	35	21	34	39	30	40	40
5	24	43	37	38	37	42	35	37	29	50
6	41	47	28	39	39	35	39	34	32	24
7	39	40	48	33	36	44	43	36	40	45
8	22	36	40	43	35	40	36	35	44	31
9	33	41	39	35	34	34	48	34	44	37
10	43	33	50	35	30	40	32	38	36	35
11	23	50	38	42	30	46	27	36	26	37
12	29	28	43	30	37	38	28	37	24	38
13	37	30	37	45	29	37	50	44	38	38
14	38	31	37	25	5	38	37	42	31	42
15	35	39	38	29	30	42	28	50	36	33
16	38	23	39	34	32	34	28	23	36	33
17	31	50	28	36	50	38	34	34	27	27
18	23	50	14	37	42	35	28	43	38	31
19	23	50	34	37	50	37	38	34	41	34
20	39	38	37	39	19	44	36	38	36	41

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 1 en el carril de bajada, Av. Tarata.

En la figura 25 se observan los resultados y el cálculo de la rugosidad, entre las progresivas 0+000 - 0+400 en el carril de bajada

Figura 25

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 1



Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 11 se observa la hoja de campo, entre las progresivas 0+400 - 0+800 en el carril de bajada

Tabla 11

Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+400 – 0+800

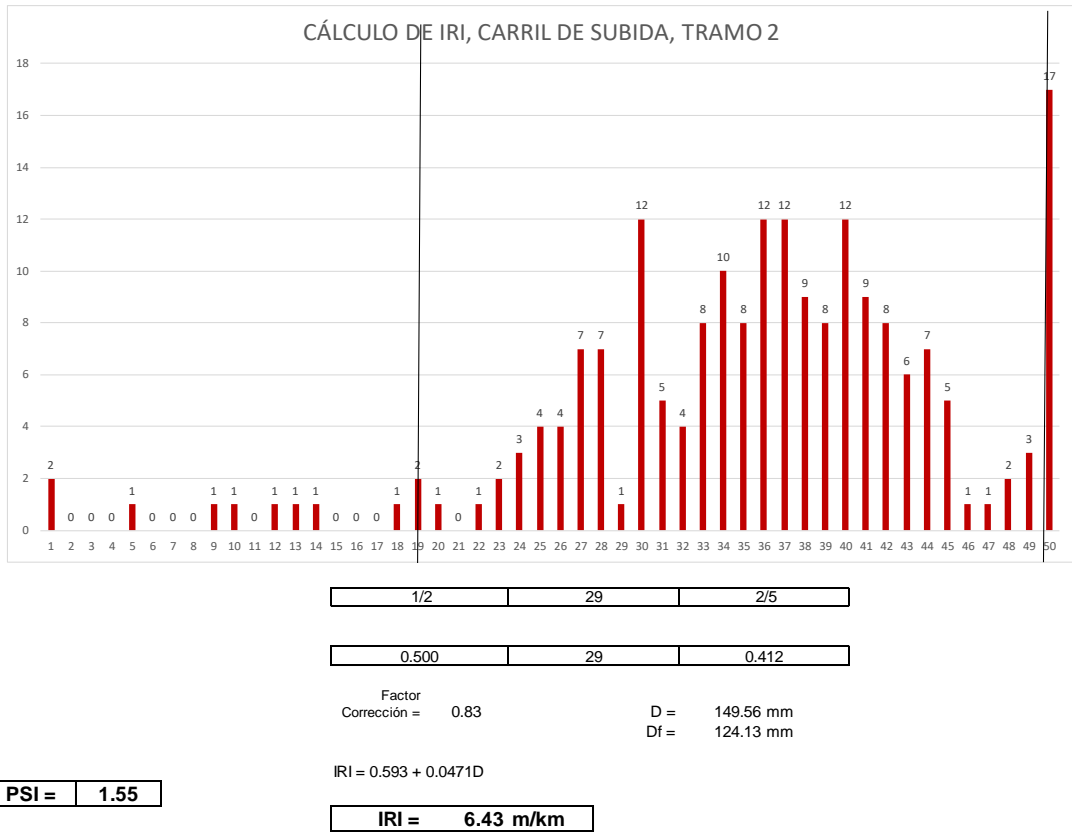
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	38	34	38	28	49	50	36	33	28	31
2	28	32	45	27	44	42	35	33	50	37
3	34	44	50	49	50	31	18	33	19	27
4	36	50	30	37	50	41	31	27	45	38
5	43	34	45	38	23	35	40	36	40	22
6	43	37	33	44	1	40	27	36	43	36
7	50	50	31	25	38	30	24	41	1	40
8	50	28	40	37	39	9	34	34	32	37
9	43	24	42	37	49	37	42	14	35	32
10	27	41	34	50	28	39	41	35	37	42
11	48	38	33	42	27	46	40	42	28	38
12	10	39	32	50	30	42	44	13	30	28
13	30	41	34	25	23	42	26	50	39	31
14	25	33	50	35	50	36	38	26	39	36
15	30	30	39	26	25	34	37	44	50	43
16	38	27	33	29	41	44	40	35	50	45
17	37	41	41	24	33	30	40	19	30	36
18	39	41	44	36	39	35	30	34	40	40
19	47	37	36	5	34	35	45	12	30	26
20	50	37	36	40	36	48	40	20	30	43

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 2 en el carril de bajada, Av. Tarata.

En la figura 26 se observan los resultados y el cálculo de la rugosidad, entre las progresivas 0+400 - 0+800 en el carril de bajada

Figura 26

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 1, ensayo 2



Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 12 se observa la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 0+800 - 1+200 en el carril de bajada

Tabla 12

Hoja de campo, tramo 1 en la progresiva 0+800 – 1+200

Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	43	24	39	32	26	43	37	47	38	35
2	11	50	40	27	49	34	42	45	40	33
3	28	38	36	18	50	35	42	41	39	31
4	35	48	35	8	22	37	30	27	39	29
5	26	16	35	41	50	42	44	41	39	31
6	34	28	33	39	36	50	31	41	30	41
7	33	43	26	50	28	29	39	48	31	36
8	31	22	47	32	42	17	40	33	35	23
9	49	50	38	43	43	41	50	50	6	30
10	33	34	30	41	24	25	42	14	49	1
11	34	23	34	39	12	22	15	48	37	33
12	26	50	47	31	48	31	45	42	41	26
13	38	43	40	33	42	45	28	41	36	39
14	34	9	42	22	41	32	28	12	17	1
15	33	19	32	28	25	39	44	16	31	50
16	33	32	17	33	50	35	26	25	36	32
17	10	31	40	47	36	44	49	39	33	36
18	50	35	39	50	42	35	46	47	36	32
19	41	30	32	49	21	36	36	40	38	9
20	50	42	33	46	50	32	40	50	28	40

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 3 en el carril de bajada, Av. Tarata.

En la tabla 13 se observa la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 0+000 - 0+400 en el carril de subida

Carril de subida

Tabla 13

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+000 – 0+400

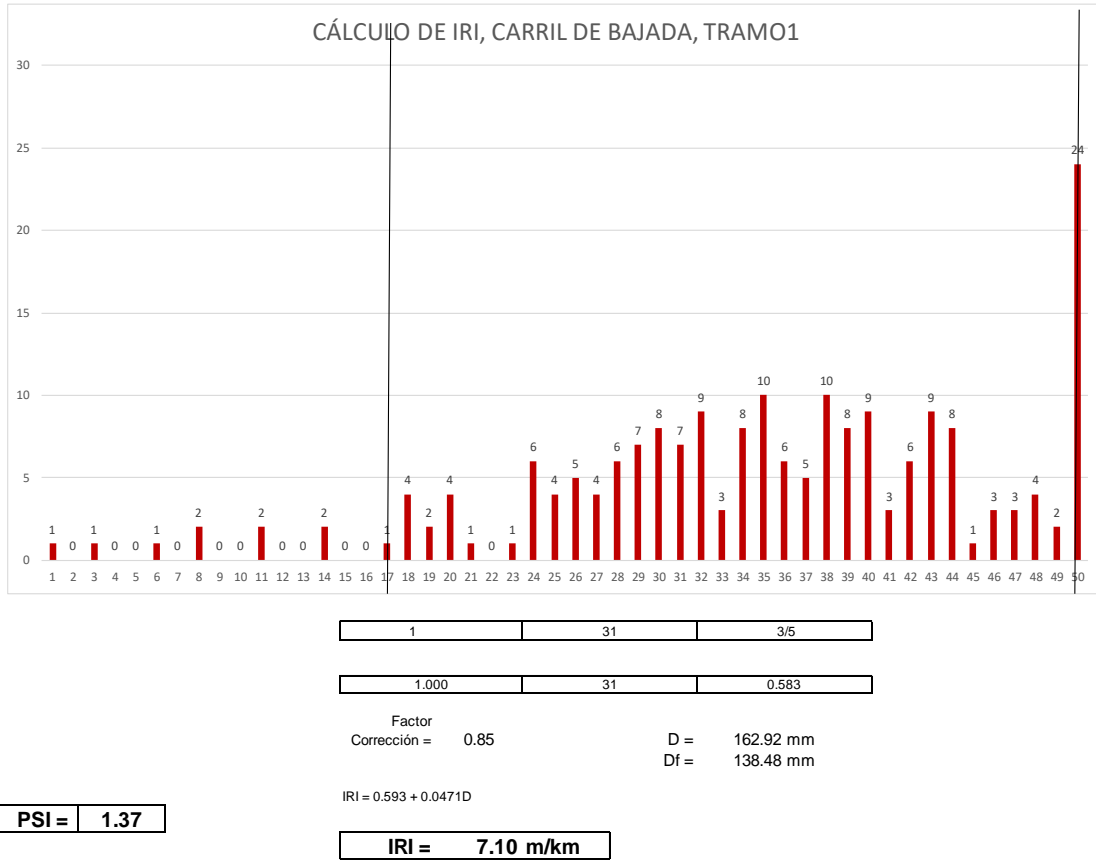
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	44	34	24	27	28	50	42	50	49	38
2	48	26	39	39	3	50	45	41	35	40
3	50	28	39	50	32	50	41	35	30	44
4	26	18	44	24	43	50	29	50	28	32
5	39	32	29	32	34	30	34	32	27	31
6	36	38	30	28	37	34	38	34	25	31
7	47	42	31	42	32	30	40	29	50	40
8	19	40	26	29	38	29	43	42	32	20
9	47	20	36	23	49	31	31	25	50	50
10	24	25	46	38	38	44	44	43	18	33
11	6	27	30	50	29	47	43	20	39	43
12	48	40	28	37	44	50	33	11	8	34
13	36	26	24	50	25	24	50	19	34	37
14	35	39	46	35	31	35	35	8	43	34
15	30	32	14	24	35	14	40	20	18	38
16	31	36	35	38	42	50	48	11	41	50
17	35	43	30	37	18	38	35	21	1	26
18	50	39	17	33	30	40	48	32	50	44
19	39	46	50	28	50	36	27	50	40	43
20	36	38	50	37	50	29	43	44	42	40

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 1 en el carril de subida, Av. Tarata.

En la figura 28 se observan los resultados y el cálculo de la rugosidad, entre las progresivas 0+000 – 0+400 en el carril de subida.

Figura 28

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 1



Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 14 se observa la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 0+400 - 0+800 en el carril de subida.

Tabla 14

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+400 – 0+800

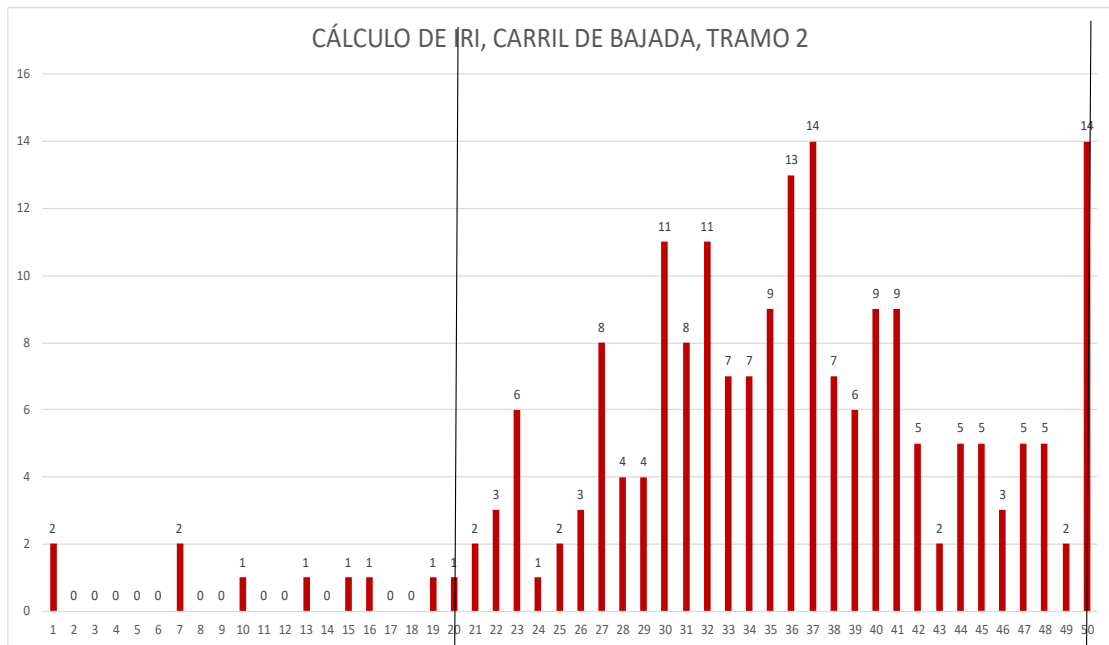
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	46	40	25	36	32	50	47	47	37	41
2	44	43	48	30	44	38	50	39	28	40
3	49	50	30	32	31	1	24	34	36	34
4	50	32	33	50	39	30	50	38	32	32
5	7	41	32	48	50	36	23	33	42	21
6	37	37	45	27	35	1	36	42	49	31
7	36	37	23	29	50	41	36	31	38	30
8	44	35	35	50	42	26	30	30	23	39
9	27	37	42	27	39	34	31	30	36	36
10	37	30	29	45	47	48	35	32	20	27
11	21	38	36	33	32	19	37	15	40	31
12	26	33	40	37	29	16	22	50	27	41
13	28	30	35	33	42	34	37	34	41	34
14	23	23	31	39	36	30	32	7	50	48
15	36	13	35	33	44	39	47	46	45	41
16	33	50	41	38	40	23	27	27	40	36
17	27	34	37	41	35	31	32	45	29	38
18	32	22	31	36	46	37	44	35	37	26
19	40	47	38	41	50	43	30	37	28	25
20	40	40	50	45	22	10	48	28	35	37

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 2 en el carril de subida, Av. Tarata.

En la figura 29 se observan los resultados y el cálculo de la rugosidad, entre las progresivas 0+400 – 0+800 en el carril de subida.

Figura 29

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 2



1	29	2/7
---	----	-----

1.000	29	0.286
-------	----	-------

Factor
 Corrección = 0.85 D = 151.43 mm
 Df = 128.71 mm

IRI = 0.593 + 0.0471D

PSI = 1.494

IRI = 6.64 m/km

Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

En la tabla 15 se observa la hoja de campo con los valores IRI obtenidos entre las progresivas 0+800 – 1+200 en el carril de subida.

Tabla 15

Hoja de campo, tramo 2 en la progresiva 0+800 – 1+200

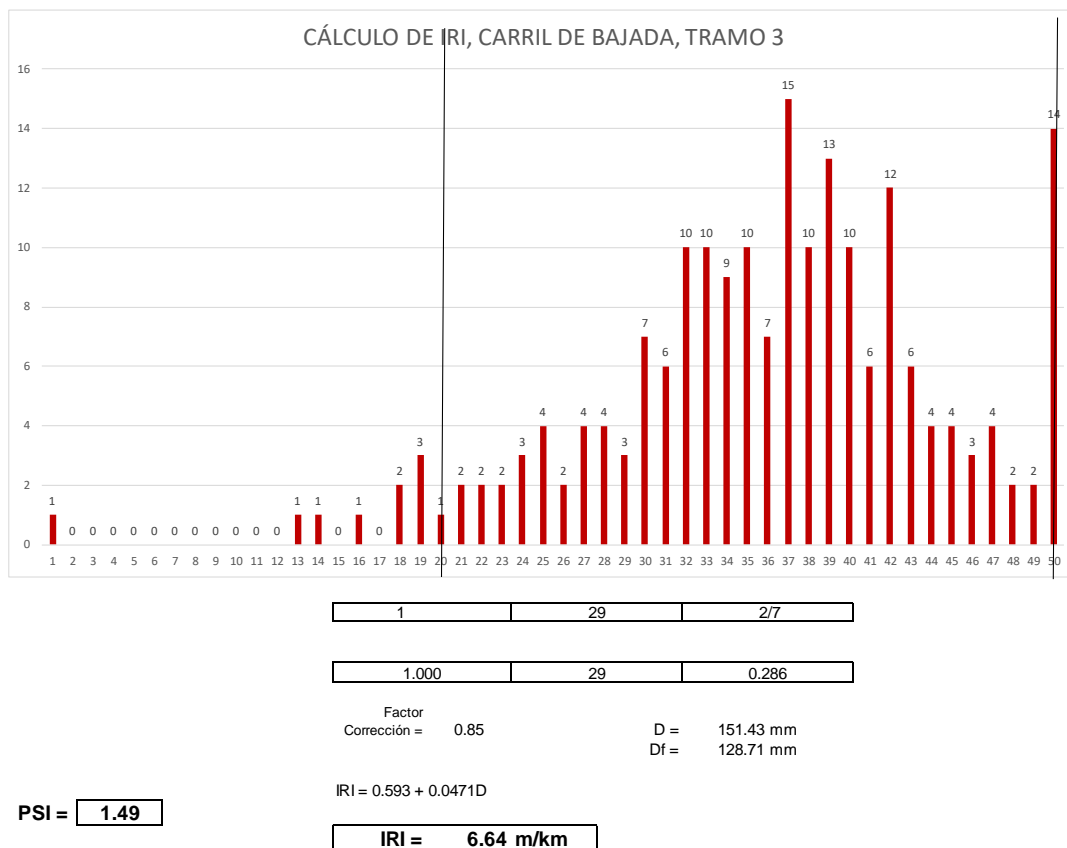
Datos obtenidos en campo con Merlín										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40	33	22	25	42	50	27	37	40	44
2	34	36	29	42	38	26	45	37	50	46
3	35	14	35	50	42	42	43	37	36	45
4	36	30	46	34	30	31	25	39	24	35
5	37	30	50	33	23	35	38	42	35	20
6	50	48	45	38	21	35	35	26	33	30
7	39	22	38	50	50	40	38	40	34	33
8	47	32	32	16	19	37	44	38	48	32
9	37	41	32	24	19	40	19	40	32	39
10	50	28	0	50	33	32	37	42	23	37
11	34	49	31	44	28	40	34	39	39	40
12	36	42	44	50	32	36	34	39	49	39
13	29	43	36	27	27	30	25	38	39	33
14	39	32	18	32	42	13	29	38	36	34
15	35	31	24	42	46	39	41	39	33	45
16	39	37	37	41	43	21	30	50	37	38
17	32	42	31	43	39	28	34	42	42	50
18	37	43	41	47	47	35	41	35	34	31
19	40	33	31	28	47	37	33	37	27	50
20	43	30	38	37	33	50	25	41	40	18

Nota. Tabla que muestra las lecturas del ensayo 3 en el carril de subida, Av. Tarata.

En la figura 30 se observan los resultados y el cálculo de la rugosidad, entre las progresivas 0+800 – 1+200 en el carril de subida.

Figura 30

Cálculo de la rugosidad y transitabilidad, tramo 2, ensayo 3



Nota. Distribución de frecuencias para el cálculo del valor IRI y la transitabilidad

4.1.2 Resultados obtenidos con el rugosímetro de MERLIN

En la tabla 16 se observa el resumen de los valores IRI obtenidos con el Rugosímetro de Merlín.

Tabla 16

Resultados de los valores IRI determinados con el MERLIN, por carril

Resultados de la Rugosidad					
CARRIL de BAJADA			CARRIL de SUBIDA		
Progresiva	Rugosidad (m/km)	Calificación	Progresiva	Rugosidad (m/km)	Calificación
0+000 al 0+400	5,89	Malo	0+000 al 0+400	7,10	Malo
0+400 al 0+800	6,43	Malo	0+400 al 0+800	6,64	Malo
0+800 al 1+200	7,69	Malo	0+800 al 1+200	6,64	Malo
6,67			6,79		

Nota. Se muestra el resumen de los resultados del valor IRI obtenido con el MERLIN en la Av. Tarata. Elaboración propia.

4.2 Resultados del valor IRI obtenido con el aplicativo ABAKAL IRI

De acuerdo con la evaluación del tramo obtenida en campo usando la aplicación ABAKAL, los valores IRI se determinaron con velocidades entre 40 a 50 km/h.

4.2.1 Evaluación y obtención de datos del aplicativo ABAKAL IRI

La evaluación se efectuó en el carril de bajada y subida de la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, la tabla 17 presenta los datos obtenidos por la aplicación ABAKAL IRI, para establecer el cálculo del valor IRI.

Tabla 17

Valores IRI obtenido con el aplicativo ABAKAL IRI carril de bajada

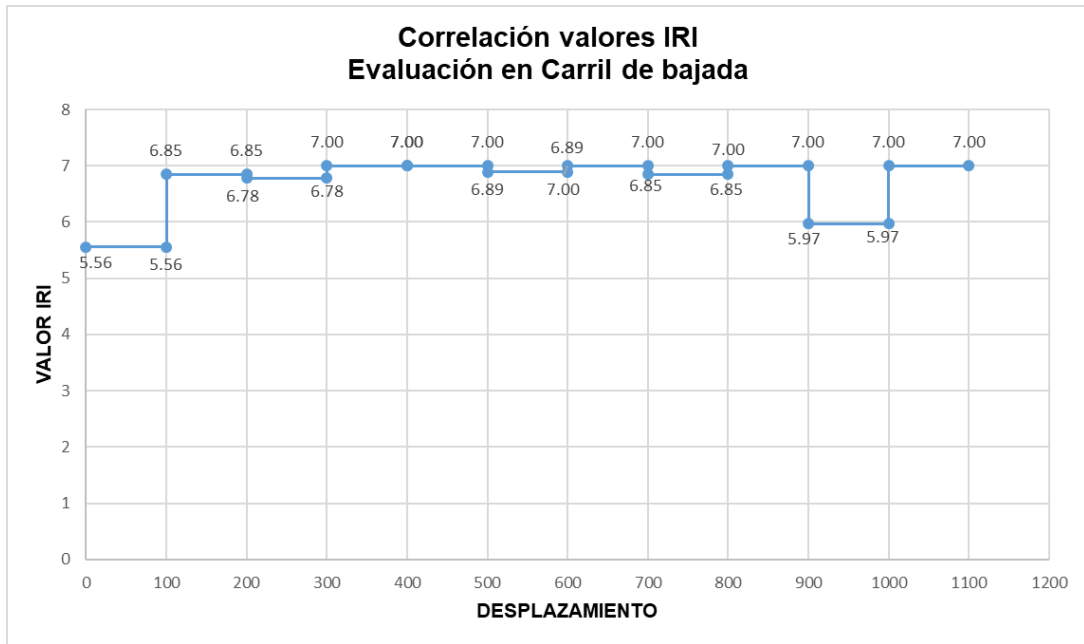
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-17,99537	-70,25211	616,5	40,55	0	5,56
-17,99630	-70,25210	614,23	44,66	100,00	6,85
-17,99728	-70,25211	613,82	40,75	200,00	6,78
-17,99825	-70,25211	613,35	46,08	300,00	7,00
-17,99919	-70,25209	612,54	46,50	400,00	7,00
-18,00009	-70,25211	611,64	40,49	500,00	6,89
-18,00100	-70,25209	610,86	42,06	600,00	7,00
-18,00190	-70,25231	608,45	41,85	700,00	6,85
-18,00259	-70,25296	605,85	40,33	800,00	7,00
-18,00310	-70,25379	602,15	41,12	900,00	7,00
-18,00363	-70,25465	599,91	49,75	1 000,00	5,97
-18,00424	-70,25526	596,12	49,75	1 100,00	7,00

Nota. En la tabla se muestra los valores IRI obtenidos con la aplicación ABAKAL IRI en el carril de bajada

En la figura 31 se observa el comportamiento de los valores IRI en el carril de bajada, valores que son obtenidos cada 100 m.

Figura 31

Comportamiento de los valores IRI cada 100 m; carril de bajada



Nota. En la figura se puede ver en el desplazamiento los valores IRI obtenidos en la evaluación del carril de bajada

En la figura 32 se observa el desplazamiento por el carril de bajada

Figura 32

Desplazamiento por el carril de bajada utilizando aplicativo ABAKAL IRI



Nota. Viene a ser el desplazamiento por la Av. Tarata considerando colores de acuerdo al valor IRI

En la tabla 18 se observan los valores IRI obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI, en el carril de subida, datos que son obtenidos cada 100 m.

Tabla 18

Valores IRI obtenido con la aplicación ABAKAL IRI en carril de subida

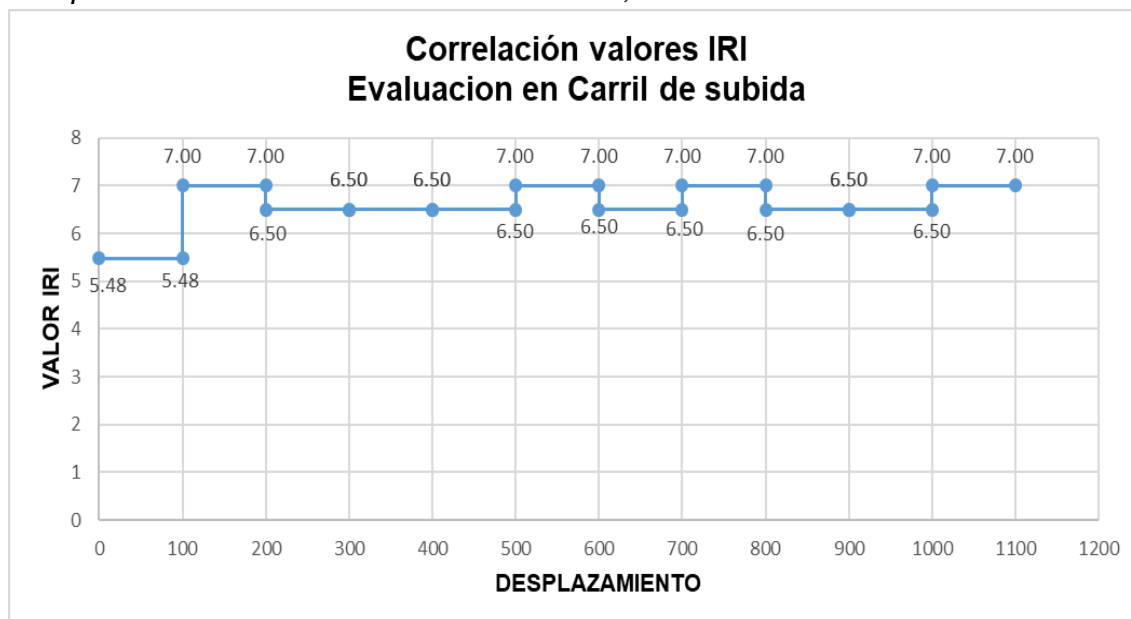
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Desplazamiento	Valor IRI
-18,00358	-70,2545	599,48	44,92	0	5,48
-18,00306	-70,25365	602,23	43,83	100,00	7,00
-18,00251	-70,25278	605,39	47,53	200,00	7,00
-18,00175	-70,25218	607,48	48,59	300,00	6,50
-18,00081	-70,25204	608,95	46,51	400,00	6,50
-17,99987	-70,25206	609,57	48,88	500,00	7,00
-17,99892	-70,25206	610,47	46,51	600,00	7,00
-17,99799	-70,25207	611,70	45,76	700,00	6,50
-17,99707	-70,25208	612,86	47,35	800,00	7,00
-17,99615	-70,25208	613,97	49,58	900,00	6,50
-17,99519	-70,2521	616,51	43,85	1 000,00	7,00
-17,99537	-70,25211	616,50	40,55	1 100,00	7,00

Nota. En la tabla se muestra los valores IRI obtenidos con la aplicación ABAKAL IRI en el carril de subida

En la figura 33 se observa el comportamiento de los valores IRI obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI.

Figura 33

Comportamiento de los valores IRI cada 100 m, en el carril de subida



Nota. En la figura se puede ver en el desplazamiento los valores IRI obtenidos en la evaluación del carril de subida

En la figura 34 se observa el desplazamiento por el carril de subida realizado con el aplicativo ABAKAL IRI.

Figura 34

Desplazamiento por el carril de subida utilizando el aplicativo ABAKAL IRI



Nota. Es el desplazamiento por la Av. Tarata considerando colores de acuerdo al valor IRI

De acuerdo con los valores IRI determinado con el aplicativo ABAKAL IRI, podemos calificar el estado del pavimento, de forma similar al del MERLIN, obteniendo un pavimento Malo. En función de la calificación del estado del pavimento y la serviciabilidad, prosigue la propuesta del diseño de espesores del pavimento flexible.

4.3 Propuesta de diseño de espesores utilizando el Método del Instituto del Asfalto

4.3.1 Determinación del CBR de diseño

CALICATA N° 01: CBR AL 95% = 10%

CALICATA N° 02: CBR AL 95% = 10%

Para determinar el CBR de diseño se utiliza el método del percentil, pero considerando que solo tenemos dos calicatas, la metodología recomienda que para efectos de diseño se considera el CBR más crítico, por lo tanto, utilizaremos en los cálculos como **CBR de diseño = 10%**

Nota: Ver Anexo 03 se encuentran el estudio de suelos de la Av. Tarata.

4.3.2 Cálculo del Índice Medio Diario - IMD

De acuerdo con el aforo vehicular realizado durante 7 días de la semana en ambas direcciones, considerando el aforo a partir de las 4.00 horas hasta las 22 horas, se determina el índice medio diario, el cual se ve reflejado en la tabla 19.

Tabla 19
Cálculo de IMD

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DIA							TOTAL SEMANA	IMDs	FC	IMDa	%
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO					
MOTOS	282	261	278	263	272	276	275	1 904	1 904	1,000	272	20,59 %
AUTO	349	341	358	345	358	343	344	2 436	2 436	1,000	348	26,34 %
STATION WAGON	347	353	364	354	370	362	330	2 479	2 479	1,000	354	26,80 %
PICK UP	243	353	227	216	218	235	246	1 736	1 736	1,000	248	18,77 %
PANEL	13	216	11	23	14	16	12	304	304	1,000	43	3,29 %
RURAL Combi	18	11	21	25	24	22	21	141	141	1,000	20	1,52 %
MICRO	8	23	6	9	7	8	9	70	70	1,000	10	0,76 %
BUS 2E	9	7	8	8	8	8	8	56	56	1,000	8	0,61 %
BUS 3E	5	8	5	5	5	5	5	37	37	1,000	5	0,40 %
CAMION 2E	7	4	9	9	10	9	10	57	57	1,000	8	0,62 %
CAMION 3E	3	5	4	4	4	4	5	29	29	1,000	4	0,31 %
TOTAL	1 281	1 580	1 289	1 260	1 288	1 288	1 262	9 246			1 321	100,00 %

Nota. Mediante el aforo vehicular efectuado en la Av. Tarata se determina el IMD por tipo de vehículo

Nota: Ver Anexo 02, hojas de aforo vehicular, de los flujos vehiculares de la Av. Tarata.

4.3.3 Cálculo de espesores para la Av. Tarata usando el Método del Instituto del Asfalto.

4.3.4 Cálculo del valor N

Se calcula mediante la fórmula indicada por la metodología del Instituto del Asfalto.

$$N = IMD \times \left(\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \right) \quad (8)$$

Dónde:

N: Número de tránsito diario

A/100: % de vehículos pesados.

B/100: % de vehículos pesados.

- Para el cálculo de A:

$$A = \frac{\sum \text{vehiculos pesados}}{IMD} \times 100$$

$$A = \frac{25}{1321} \times 100$$

$$A = 1,89$$

El valor de B se determina usando la tabla 20, dependiendo del número de carriles.

Tabla 20*Porcentaje total de vehículos pesados en el carril de diseño*

Número de carriles	% de vehículos pesados en carril de diseño
1	100
2	50
4	45 (35 y 48)
6 a más	40 (25 y 48)

Nota. Tomado de: Velásquez, (1978). Del sitio web: <https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

$$B = 50$$

Entonces:
$$N = IMD \times \left(\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \right)$$

$$N = 1321 \times \left(\frac{1,89}{100} \times \frac{50}{100} \right)$$

$$N = 13$$

4.3.5 Cálculo del NTI

Es el número de tránsito inicial, adimensional, y para su cálculo se debe usar la tabla 21, la cual debemos conocer la carga límite legal, valor N y el peso promedio de vehículos pesados.

Tabla 21*Sumatoria del peso promedio de vehículos pesados*

TIPO DE VEHICULO	IMD	CARGA TOTAL	IMD X CT
LIGEROS	1,296		
B2	8	18	144
B3	5	23	115
C2	8	18	144
C3	4	25	100
TOTAL	1,321		503

Nota. Elaboración propia

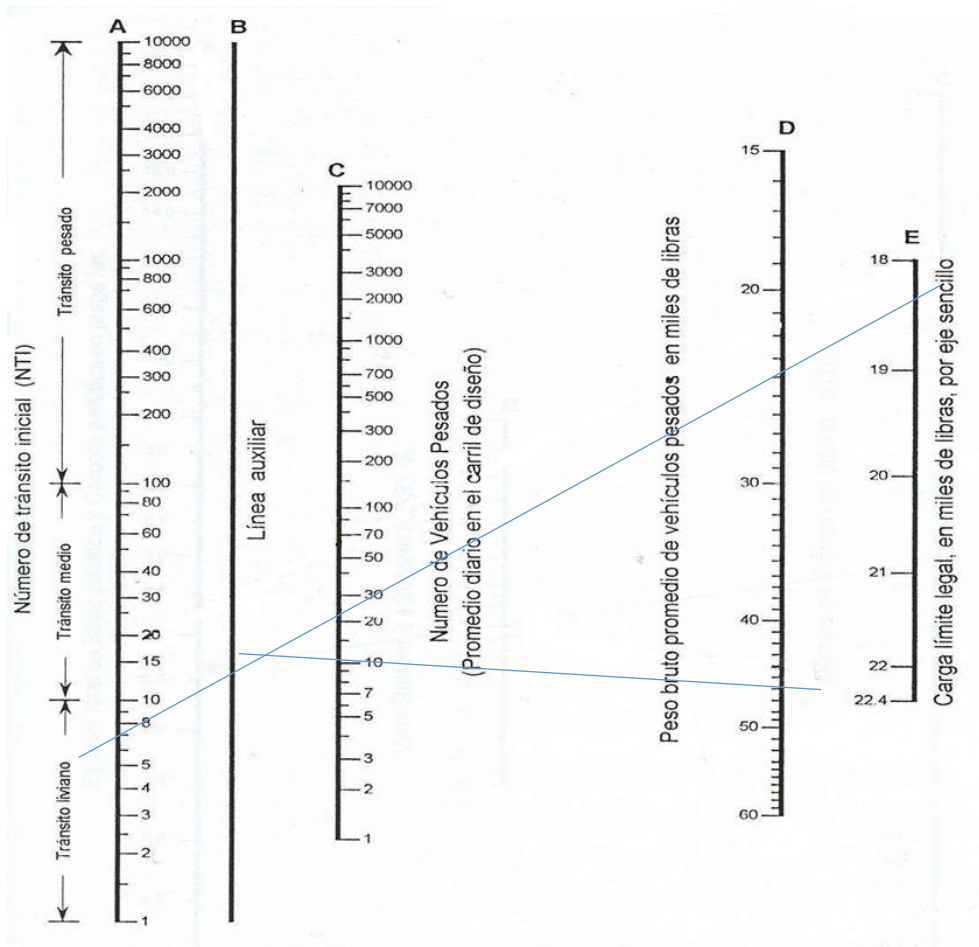
$$PPVP = \frac{\sum (\text{Vehículos pesados} \times \text{Carga total})}{\sum VP}$$

$$PPVP = \frac{503 \text{ tn}}{25} \times \frac{2204,65 \text{ lb}}{1 \text{ tn}}$$

$$PPVP = 44,358 \text{ lb}$$

Para determinar el valor del NTI, se utiliza el ábaco de figura 35, de la forma siguiente, primero se ingresa el peso promedio de vehículos pesados (vertical D) y se cruza con el valor N (vertical C) dejando un punto en la línea auxiliar (vertical B), luego se traza el punto del valor de la carga límite legal (vertical E) cruzando con la línea auxiliar para determinar el valor del NTI.

Figura 35
Ábaco para calcular NTI



Nota. Tomado de Crespo, (2004). Del sitio web:

<http://estudiantesingcivil.blogspot.mx/>

$$NTI = 10$$

Utilizando el ábaco recomendado por el Instituto del Asfalto se determina el valor del NTI igual a 10.

4.3.6 Cálculo del NTD

Se considera un periodo de diseño de 20 años, con una tasa de crecimiento anual del

tránsito igual a 9,50 %, para calcular un factor de ajuste al NTI, para ello usamos la tabla 22:

Tabla 22
Cálculo del factor de ajuste

Periodo de diseño (años)	% de crecimiento anual				
	2	4	6	8	10
1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
4	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23
6	0,32	0,33	0,35	0,37	0,39
8	0,43	0,46	0,50	0,53	0,57
10	0,55	0,60	0,66	0,72	0,80
12	0,67	0,75	0,84	0,95	1,07
14	0,80	0,92	1,05	1,21	1,40
16	0,93	1,09	1,28	1,52	1,80
18	1,07	1,28	1,55	1,87	2,28
20	1,21	1,49	1,84	2,29	2,86
25	1,60	2,08	2,74	3,66	4,92
30	2,03	2,80	3,95	5,66	8,22

Nota. Tomado de: Velásquez, (1973). Del sitio web:

<https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

Para el cálculo del factor de corrección interpolamos los valores de 2,29 y 2,86, obteniendo 2,72.

$$NTD = NTI \times \text{Factor de ajuste}$$

$$NTD = 10 \times 2,72$$

$$NTD = 28$$

4.3.7 Cálculo del espesor total del pavimento

De acuerdo con la metodología del Instituto del Asfalto, utilizamos el ábaco de la figura 36 para determinar el espesor total de la estructura.

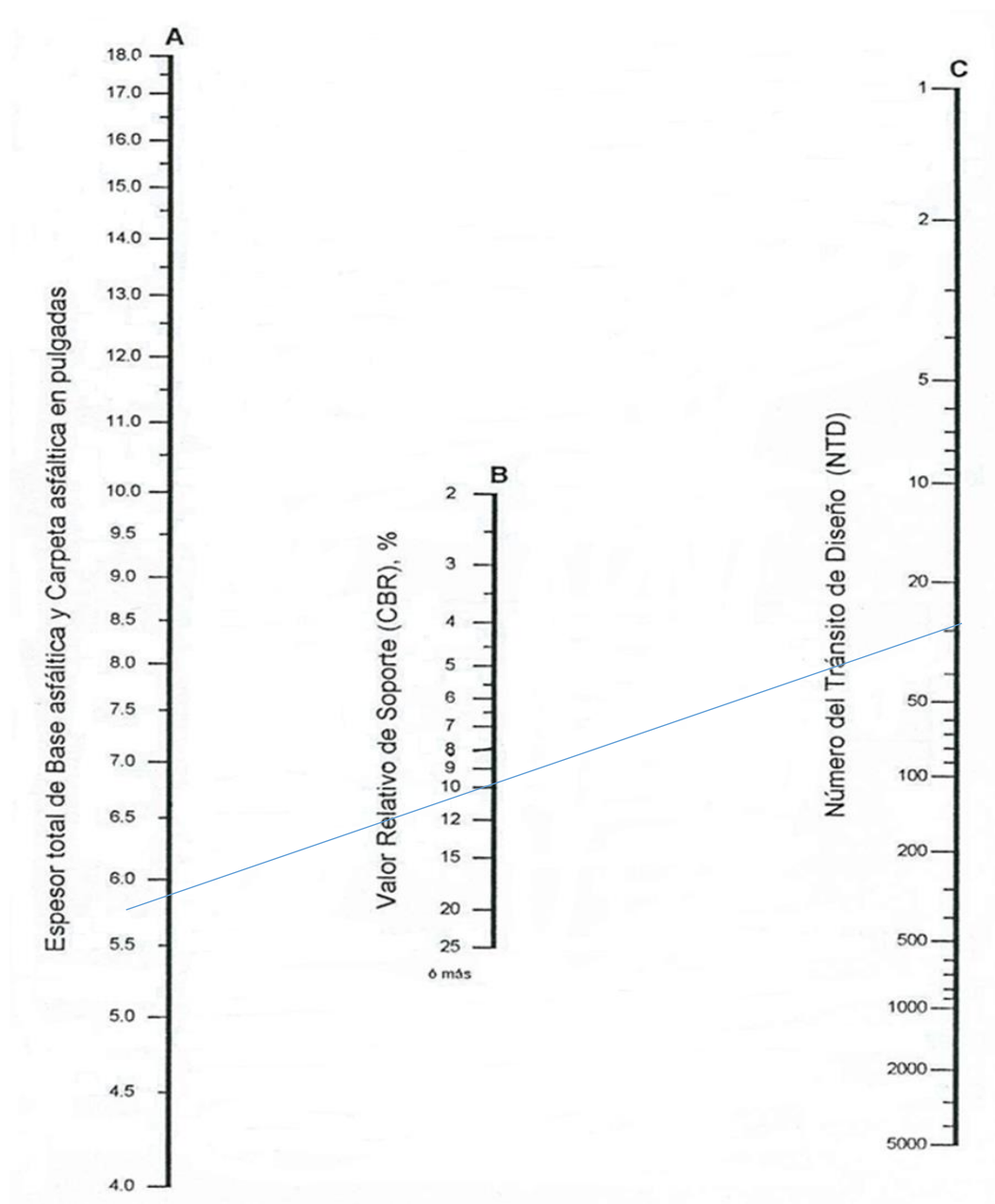
$$NTD = 28$$

$$CBR = 10\%$$

Se ubica el punto del valor NTD (vertical C) se traza línea recta pasando por el valor de CBR (%) y se prolonga hasta la vertical A para determinar el espesor de la base granular y la carpeta asfáltica.

Figura 36

Ábaco para calcular espesor total de la estructura



Nota. Tomado de: Crespo, (2004). Del sitio web:

<https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

El espesor total determinado según el ábaco es igual a 5,9", con el uso de la tabla 23 determinamos el espesor mínimo para la carpeta asfáltica.

Tabla 23
Espesores mínimos de carpeta asfáltica

Valor de tránsito para diseño	Espesor mínimo de carpeta asfáltica sobre base de concreto asfáltico
Menor de 10 (tránsito reducido)	1 "(2,50 cm.)
Entre 10 y 100 (tránsito mediano)	1 ½" (3,80 cm.)
Mayor de 100 (tránsito intenso)	2 "(5,0 cm.)

Nota. Velásquez, (1973) Del sitio web: <https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>.

- Como el valor de NTD está entre 10 y 100, se genera un tránsito mediano, donde le corresponde un espesor mínimo de la carpeta asfáltica de 1 1/2", de acuerdo al CE-010 pavimentos urbanos, el espesor de la carpeta asfáltica es de 5 cm.
- Se diseña un espesor de la carpeta asfáltica de 2" y un espesor total de 5,9", ahora se considera un espesor de la base granular igual a 3,9", y utilizando la tabla 24, relación de capas se debe determinar finalmente los espesores para la estructura de la Av. Tarata.

Tabla 24
Relación de capas de la estructura del pavimento

Capas convencionales	Relación
Entre base granular y la carpeta asfáltica	2,00 : 1.00
Entre sub base granular y base de concreto asfáltico	2,70 : 1.00
Entre sub base y base granular	1,35 : 1.00

Nota. Tomado de: Velásquez, (1973). Del sitio web: <https://www.udocz.com/apuntes/44273/manual-del-asfalto-manuel-velazquez>

En la tabla 25 se muestran los espesores determinados para la estructura del pavimento.

Tabla 25
Espesor del pavimento en pulgadas y centímetros.

CAPAS	ESPESOR	RELACION	DISEÑO FINAL	
	DETERMINADO	DE CAPAS	PULGADAS	CENTIMETROS
CÁRPETA ASFALTICA	2"	1	2	5
BASE GRANULAR	3,9"	2	8	20
	ESPESOR TOTAL DEL PAVIMENTO			25

Nota. Espesores recomendados para la estructura del pavimento, de acuerdo al método del instituto del asfalto. Elaboración propia

Finalmente, el diseño del pavimento es de 25 cm para la Av. Tarata, tramo: Av. Jorge Basadre Grohmann – Calle Arias Aragüez.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1 Análisis del valor IRI utilizando el rugosímetro de MERLIN

Usando el rugosímetro de MERLIN, se obtiene resultados del valor IRI en tramos de 400 m, tres ensayos por carril en la Av. Tarata así como se observa en la tabla 26:

Tabla 26

Resultado ponderado del valor IRI obtenido con MERLIN

	VALOR IRI	
CARRIL DE BAJADA Av. TARATA	6,67	6,73 m/km
CARRIL DE SUBIDA Av. TARATA	6,79	

Nota: En la tabla se muestra los resultados del valor IRI promedio por carril evaluado en la Av. Tarata, obtenido del rugosímetro de MERLIN.

5.2 Análisis del valor IRI utilizando la aplicación ABAKAL IRI

En el tramo evaluado de la Av. Tarata, se utilizó un teléfono inteligente Samsung Galaxy Note 10, y con ella se obtuvo resultados del IRI cada 100 m. En la tabla 27 se observan los valores promedios en el carril de bajada igual a 6,74 m/km y para el carril de subida igual a 6,71 m/km, por lo tanto, se obtiene un promedio valor IRI igual a 6,73 m/km.

Tabla 27

Resultado ponderado del valor IRI obtenido con la aplicación ABAKAL IRI

	VALOR IRI	
CARRIL DE BAJADA Av. TARATA	6,74	6,73 m/km
CARRIL DE SUBIDA Av. TARATA	6,71	

Nota: En la tabla se muestra los ponderados del valor IRI promedios por carril evaluado en la Av. Tarata

El valor IRI promedio determinado en la Av. Tarata es igual a 6,73 m/km, valores promedios tomados de los valores IRI evaluados en el carril de bajada y en la subida, cuyo resultado califica el estado del pavimento como MALO. Alvarenga E. , (2002).

En la tabla 28 se muestra la calificación funcional del valor IRI del pavimento, en base a parámetros para distintos países.

Tabla 28*Calificación funcional del valor IRI del pavimento*

País	Estado del Pavimento		
	B	R	M
EE.UU.	< 2,4	2,4 – 4,7	> 4,7
Chile	0 – 3,0	3,0 – 4,0	> 4,0
Honduras	< 3,5	3,5 – 6,0	> 6,0
Uruguay	< 3,9	4,0 – 4,6	> 4,6
Perú	< 2,5	2,5 – 4,5	> 4,5

Nota: Alvarenga E. , (2002). Del sitio web: <https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/IRI.pdf>

5.3 Cálculo de la transitabilidad en función del valor IRI

Con el valor IRI promedio, calculado es posible calcular la transitabilidad utilizando la fórmula de Williams Paterson, donde se obtuvo un valor de 1,47, y con ello podemos calificar la transitabilidad como **MALA**. En la tabla 29 se aprecia los valores y la calificación de la transitabilidad en función del valor IRI.

Tabla 29*Calificación de la transitabilidad en función del valor IRI*

IRI obtenido con el MERLIN	6,73 m/km
Conversión a PSI en función del IRI	1,47
Clasificación del PSI	TRANSITABILIDAD MALA
IRI obtenido con el ABAKAL	6,73 m/km
Conversión a PSI en función del IRI	1,47
Clasificación del PSI	TRANSITABILIDAD MALA

Nota. Para la calificación se toma el valor promedio del IRI, para obtener la transitabilidad. Elaboración propia

En la tabla 30 se muestra la calificación de la transitabilidad en función del PSI.

Tabla 30*Calificación de la transitabilidad*

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

Nota. Sachún, (2016). Del sitio web: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2548>

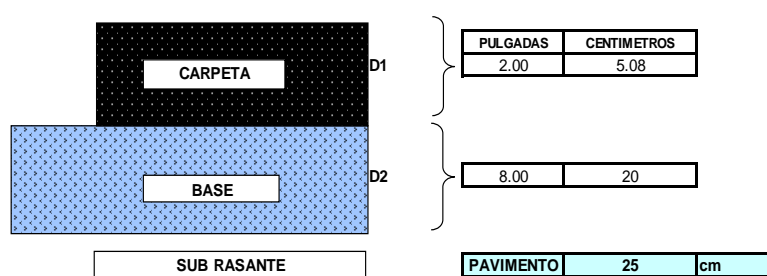
Los resultados permitieron establecer que la evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Tarata y para ello se usan el aplicativo ABAKAL IRI en teléfonos inteligentes y el uso del rugosímetro de MERLIN, donde los resultados del valor IRI influye en la calificación del estado del pavimento y la determinación de la transitabilidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez hasta la Av. Jorge Basadre Grohmann, donde se obtuvieron valores de IRI con el aplicativo ABAKAL IRI y con el rugosímetro de MERLIN, obteniendo un promedio de 6,73 m/km y un psi igual a 1,47, considerando los valores obtenidos, se califica la condición del pavimento como MALO y la transitabilidad también MALO, finalmente con los valores determinados es necesario una rehabilitación a nivel de la carpeta asfáltica, por lo que se procede diseñar los espesores de la estructura del pavimento para la Av. Tarata.

5.4 Análisis de los espesores propuestos para mejorar la transitabilidad en la Av. Tarata

Para la determinación de los espesores de la estructura del pavimento se utilizó el método del Instituto del Asfalto, para el cual se diseñó espesores de la carpeta asfáltica reflejados en la figura 37 con espesores de 5 centímetros y de 20 centímetros para la base granular, de acuerdo al cálculo no fue necesario considerar el espesor de la subbase granular

Figura 37

Diseño final del pavimento, Av. Tarata



Nota. Se muestra el diseño final de los espesores para la Av. Tarata

Dichos resultados concuerdan con lo logrados por Tamrakar, P et al., (2021) quien concluye que aplicación para determinar IRI en la zona oeste de la Carretera en Arizona es un sistema de rápida medición. El valor del IRI del pavimento será evaluado y comparado con el Estándar IRI especificado para la carretera, el aplicativo, usa Smartphone para calcular el valor IRI, para lo cual usa los acelerómetros del teléfono registrando de acuerdo con el movimiento del vehículo los datos de la rugosidad.

De forma similar existe concordancia con los resultados encontrados por Gonzalo, J. y Beingolea, H., (2021) investigación que termina indicando que el IRI obtenido con el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Internacional, ubica el estado del pavimento en el rango Malo, por lo que los autores manifiestan que existe similitud entre los valores determinados por ambas metodologías.

También existe concordancia con los resultados obtenidos por Reyes, (2020) donde los resultados obtenidos con el aplicativo y el rugosímetro de MERLIN fueron en el rango de 2 m/km, para calificar el estado del pavimento como Nuevo y la determinación de la Transitabilidad en función del IRI obtenido un valor de 3,31, calificándolo como Bueno.

De forma similar existe concordancia con los resultados encontrados por Zeballos, G. y Vizcarra, C., (2020) quien concluye indicando que los resultados obtenidos con la aplicación ROADROID de valores IRI es igual a 3,60 m/km, mientras que el rugosímetro de MERLIN obtiene un IRI igual a 3,63, finalmente calcula la transitabilidad para el cual obtiene un valor de PSI igual a 2,59, con una calificación Regular. Reafirmando que el aplicativo obtiene resultados similares al del rugosímetro de MERLIN, se verificó que los datos obtenidos con el aplicativo son confiables.

También existe concordancia con los resultados obtenidos por Tamrakar, P. et al., (2019) quien concluye que los aplicativos en teléfonos inteligentes para medir el valor IRI de pavimentos rehabilitados donde los valores IRI obtenidos, ayudó a rehabilitar algunas secciones del pavimento envejecido, también indican que influye en la calidad de la transitabilidad, lo cual afecta la estabilidad estructural del sistema de pavimento y las repuestas debido al tráfico y fluctuaciones del clima.

De forma similar en los resultados indicados por Laura, (2016) donde los valores IRI, calculado con el aplicativo para teléfonos, ROADROID considera una similitud del 89% referente a los valores IRI obtenidos con el MERLIN. Por lo tanto, el aplicativo ROADROID viene a ser una herramienta de fácil utilización para determinar el valor IRI, debido a que proporciona resultados en forma eficiente, es posible evaluar tramos extensos en poco tiempo, menos recursos y a bajo costo, el proceso de datos es inmediato en comparación con el MERLIN que es un equipo de bajo rendimiento tanto para la toma de datos como para su procesamiento.

CONCLUSIONES

Se ha determinado la evaluación del índice de rugosidad mediante ensayos no destructivos para mejorar la transitabilidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann utilizando el aplicativo ABAKAL IRI y el método del rugosímetro de MERLIN obteniendo valores IRI en los carriles de bajada y de subida para la calificación del pavimento como Malo y la transitabilidad también como Malo, por lo que se diseña una propuesta de espesores del pavimento flexible.

Se determinó el índice de rugosidad en el pavimento flexible de la Av. Tarata, utilizando el aplicativo ABAKAL IRI en un teléfono inteligente en velocidades entre 40 km/h a 60 km/h, resultando valores IRI promedio de 6,73 m/km, calificándolo como Malo el estado del pavimento, mientras que la metodología del MERLIN, obtiene valores IRI promedio igual a 6,73 m/km, de similar forma califica el estado del pavimento como Malo, en definitiva ambas metodología obtienen resultados similares, por lo tanto el uso del aplicativo en teléfonos inteligentes tiene una precisión del 100%.

Se determinó la funcionalidad de la Av. Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, considerando el valor IRI promedio determinado por el aplicativo ABAKAL IRI y el MERLIN, para la calificación de la transitabilidad, se considera el valor del PSI en función del IRI promedio igual a 6,73 m/km, obteniendo un PSI promedio igual a 1,47, para calificar la transitabilidad como Malo.

Se diseñó los espesores del pavimento flexible para mejorar el índice de rugosidad en la Av. Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, considerando la calificación de la transitabilidad el cual nos permite plantear una propuesta de diseño considerando un espesor de la carpeta asfáltica de 5 cm y un espesor de la base granular de 20 cm., utilizando el método más apropiado de diseño para vías urbanas, el Instituto del Asfalto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna, a las Municipalidades distritales de Tacna, utilizar los ensayos no destructivos mediante el uso de aplicativos en celulares inteligentes y el uso del rugosímetro de MERLIN, metodologías de bajo costo y alto rendimiento, resultados que ayudan a determinar la calificación del estado del pavimento flexible y la transitabilidad en las vías urbanas, y así programar alternativas de mejora para la adecuada funcionalidad de la vía.

Considerando la evaluación efectuada en el pavimento flexible de la Av. Tarata, recomendamos a la Municipalidad Provincial de Tacna, utilizar los valores IRI obtenidos con el aplicativo ABAKAL IRI y el rugosímetro de MERLIN, donde los resultados del valor IRI ayudarán a planificar programas de rehabilitación y reconstrucción, para prolongar la vida útil del pavimento asfáltico.

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna considerar la calificación del estado del pavimento y la transitabilidad, los que ayudarán a planificar programas de mantenimiento de parchado y resane de baches presentes en la Av. Tarata, con el objetivo de mejorar el índice de rugosidad.

De acuerdo al diseño de espesores determinados en la presente investigación en la Av. Tarata, se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna considerar los espesores para la rehabilitación de la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAKAL. (2020). *Manual ABAKAL IRI Investigaciones en la obra civil*. España: ABAKAL ingenieros consultores, S.L.
- Allaire, F. y Hanson, T. (2017). *Potential of road roughness data from smartphones as an input to spring weight restriction decision-making*. Canadá: The Innovations in Pavement Management, Engineering and Technologies Group.
- Alvarenga. (2002). *Determinacion del Indice de Regularidad Internacional IRI*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Alvarenga, E. (2002). *Indices de medición de la regularidad de un pavimento*. Republica del El Salvador: Ministerio de Obras Publicas, transporte, vivienda y desarrollo urbano.
- Camacho P, S. (2018). *Evaluacion y analisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno aplicando el método ROADROID y el rugosímetro de MERLIN*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Caceres Velásquez.
- Cameron, C. (2012). *Innovative means of collecting international roughness index using smartphone technology*. Canadá: University of New Brunswick.
- Crespo, C. (2004). *Vías de Comunicación. Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. Mexico: Limusa.
- Del Aguila, P. (1999). *Manual del Usuario Merliner, Merlin Equipo para Rugosidad*. Merliner.
- Gondim, V. (2019). *Influencia de la calidad del recubrimiento asfalto en la emisión de contaminantes de un vehículo ligero en Fortaleza-CE*. Fortaleza - Brasil: Universidad Federal de Ceará.
- Gonzalo, J. y Beingolea, H. (2021). *Aplicacion del Smartphone y el rugosímetro de MERLIN para la medicion de la rugosidad del pavimento flexible en la Av. Internacional, Tacna - 2021*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta edición*. México: McGRAW-HILL-Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Laura, D. (2016). *Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco - Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Lloclla, A. y Sánchez, K. (2019). *Análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la Av. La Cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para smartphone ROADROID, rugosímetro electrónico Bump Integrator B1-100A y rugosímetro de MERLIN*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.

- Perera, RW. y Kohn, SD. (2002). Problemas en la suavidad del pavimento. *Documento web del NCHRP*, 42(01), 20-51.
- Pomasonco de la Cadena, R. (2010). *Evaluación de la transitabilidad utilizando el rugosímetro de MERLIN monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo Km. 110+000 al Km. 112+000*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ramirez, B. (2017). *Cálculo del IRI mediante acelerómetro de smartphone en el tramo Huarmey - Casma de la carretera Panamericana Norte*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Reyes, B. (2020). *Determinación del índice de rugosidad internacional en la Av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN*. Manabí - Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Sachún, J. (2016). *Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sayers, M. & Karamidas, S. (1988). *The Little Book of Profiling*. Michigan USA.
- Sayers, M. y Karamihas, S. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Washington, USA.
- Sayers, M. y Karamihas, S. (1998). *The Little book of profiling. Basic information about measuring and interpreting road profiles*. Washington, USA.
- Sologorre, J. (2005). *Evaluación de la rugosidad de pavimento con uso del Bump Integrator*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Staniek, M. (2021). Road pavement condition diagnostics using Smartphone-based data crowdsourcing in smart cities. *Journal of traffic and transportation engineering*, 8(4) 554-567.
- Tamrakar, P. Wayne, M. Fountain, G. Schlessing, A. y Cameron. (2021). Rapid Pavement Roughness Measurement of Geogrid Stabilized Roads. *4th-ICTG*,, 270.
- Tamrakar, P. Wayne, M. y Broadhead, K. (2019). Use of an Innovative Technology for Measuring Surface Roughness of Pavements. *GEO St. Jhon´s*, s/p.
- Velásquez, M. (1978). *Manual del Asfalto*. Bilbao - España: Ediciones URMO.
- Zeballos, G. y Vizcarra, C. (2020). *Aplicacion de telefonos inteligentes y el rugosímetro de MERLIN para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro - Emp. PE-40, Tacna - 2020*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz De Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿Cuál es el índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos y cómo se podría mejorar la transitabilidad vehicular de la Av. Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021?</p> <p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cómo se realiza la evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos en el pavimento flexible de la avenida Tarata?</p> <p>b) ¿Cómo el índice de rugosidad ayuda en la mejora de la transitabilidad en la avenida Tarata?</p> <p>c) ¿Qué propuesta de diseño de pavimento flexible mejora el índice de rugosidad en la avenida Tarata?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar el índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos para mejorar la transitabilidad en la avenida Tarata, Tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2021</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar el índice de rugosidad utilizando el método del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI, en la avenida Tarata.</p> <p>b) Determinar la mejora de la transitabilidad en función del índice de rugosidad en la avenida Tarata.</p> <p>c) Diseñar los espesores del pavimento flexible para mejorar el índice de rugosidad en la avenida Tarata.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos permitirá mejorar la transitabilidad en la avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna – 2021.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) La determinación del índice de rugosidad usando el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI en la avenida Tarata, son confiables.</p> <p>b) La determinación del índice de rugosidad obtenido logra mejorar la transitabilidad de la avenida Tarata.</p> <p>c) El diseño de espesores del pavimento flexible logra mejorar el índice de rugosidad en la avenida Tarata.</p>	<p>Variable Independiente(X)</p> <p>X1. Evaluación del índice de rugosidad utilizando ensayos no destructivos.</p> <p>Variable Dependiente(Y)</p> <p>Y1. Mejorar la transitabilidad vehicular</p>	<p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice de rugosidad ▪ Índice ABAKAL (IRI) ▪ Cálculo del rango D ▪ Correlación D versus IRI ▪ IRI con MERLIN <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rugosidad de los pavimentos ▪ Índice internacional de rugosidad ▪ Escala y características del IRI ▪ Cálculo del índice de rugosidad ▪ Transitabilidad en función del IRI ▪ Diseño de espesores 	<p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada <p>Nivel de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptiva, exploratoria <p>Ámbito de Estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avenida Tarata, tramo: Calle Arias Aragüez – Av. Jorge Basadre Grohmann, Tacna. <p>Población</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vías del Centro Poblado Leoncio Prado- Tacna. <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Avenida Tarata, longitud vía = 1.20 km <p>Técnicas de Recolección de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación. - Formato de campo - Reporte del rugosímetro de MERLIN - Reporte del aplicativo ABAKAL <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Odómetro manual - Conos de seguridad - Ficha o formulario de observación para aforos - Guías de observación y formatos de campo - Método del Rugosímetro de MERLIN. - Teléfono Samsung Galaxy Note 10. - Aplicativo ABAKAL. - Ábacos y cuadros de diseño Instituto del Asfalto. - Hoja electrónica Excel.

Anexo 2. Aforo Vehicular

Resultados del conteo vehicular tomado durante 7 días en la vía a intervenir

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR (LUNES)

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACIÓN	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	LUNES
FECHA	7-Feb

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	2	2	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
5-6	4	3	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
6-7	9	17	12	8	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
7-8	19	31	26	16	1	1	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	97
8-9	14	19	22	19	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
9-10	9	20	21	14	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
10-11	9	17	20	16	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
11-12	16	23	19	17	1	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	78
12-13	21	25	30	21	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
13-14	17	31	29	16	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
14-15	16	26	22	21	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
15-16	18	23	20	16	1	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	82
16-17	19	19	18	16	1	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	75
17-18	19	21	22	15	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
18-19	27	30	33	21	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	113
19-20	22	21	23	17	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
20-21	28	17	17	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
21-22	18	9	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	282	349	347	243	13	18	8	9	5	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,281

1,281

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUEÑAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____


















SUPERV.MTCC : _____

FORMULARIO Nº 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR
(MARTES)**

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACION	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	MARTES
FECHA	8-Feb

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	1	2	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
5-6	4	3	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
6-7	11	19	16	11	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
7-8	22	35	25	18	2	2	1	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	107
8-9	17	21	24	17	2	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
9-10	11	17	20	15	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
10-11	11	14	19	13	1	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	61
11-12	11	20	23	10	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
12-13	20	27	31	15	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
13-14	17	26	28	14	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
14-15	13	23	19	12	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
15-16	9	17	14	10	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	53
16-17	16	20	20	15	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	74
17-18	20	20	24	18	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	84
18-19	27	30	28	17	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104
19-20	22	23	24	16	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
20-21	19	17	20	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
21-22	16	11	15	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	261	341	353	216	11	23	7	8	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,230

1,230

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUEÑAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____



















SUPERV.MTCC : _____

FORMULARIO Nº 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR
(MIERCOLES)**

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACION	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	MIERCOLES
FECHA	9-Feb

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL		
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4-5	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
5-6	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
6-7	10	14	18	11	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	
7-8	19	31	28	18	1	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	
8-9	17	23	26	13	1	2	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	
9-10	14	19	16	12	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	
10-11	13	16	18	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	
11-12	14	23	23	15	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	
12-13	21	30	31	18	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	
13-14	16	26	27	17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	
14-15	14	21	19	16	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	
15-16	12	19	19	17	1	2	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	
16-17	19	27	21	16	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	
17-18	21	27	29	19	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
18-19	27	31	29	15	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	
19-20	19	24	27	13	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	
20-21	21	19	20	11	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	
21-22	20	10	13	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTALES	278	358	364	227	11	21	6	8	5	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,289	
%																						1,289

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUEÑAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____



SUPERV.MTCC : _____

FORMULARIO Nº 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR
(JUEVES)**

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACION	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	JUEVES
FECHA	10-Feb

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5-6	2	2	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
6-7	11	18	17	10	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
7-8	24	36	25	19	2	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	111
8-9	16	24	26	17	3	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
9-10	11	16	19	15	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
10-11	10	15	16	14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
11-12	11	20	25	10	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
12-13	20	28	32	15	2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
13-14	15	28	28	15	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
14-15	15	20	18	12	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
15-16	9	14	15	11	2	3	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	57
16-17	16	20	20	14	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
17-18	20	22	24	17	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
18-19	27	32	29	14	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	108
19-20	23	24	25	16	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91
20-21	18	17	20	12	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
21-22	18	12	13	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	263	345	354	216	23	25	9	8	5	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1,260

1,260

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUEÑAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____



















SUPERV.MTCC : _____

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR (VIERNES)

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACION	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	VIERNES
FECHA	11-Feb

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5-6	2	2	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
6-7	9	14	16	11	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
7-8	19	33	29	16	1	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102
8-9	16	21	26	13	2	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
9-10	11	18	15	11	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
10-11	11	16	18	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
11-12	14	23	26	15	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
12-13	22	29	33	17	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105
13-14	18	25	28	17	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91
14-15	14	22	17	16	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
15-16	12	18	19	13	1	2	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
16-17	17	27	19	16	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
17-18	22	26	29	18	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
18-19	27	32	31	15	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110
19-20	20	27	28	13	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
20-21	22	17	20	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
21-22	20	10	14	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	272	358	370	218	14	24	7	8	5	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,288

1,288

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUEÑAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____


















SUPERV.MTCC : _____

FORMULARIO Nº 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR
(SABADO)**

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACION	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	SABADO
FECHA	12-Feb

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
5-6	3	3	6	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
6-7	8	15	12	9	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
7-8	19	31	28	15	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	97
8-9	14	18	22	18	2	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
9-10	8	18	21	15	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
10-11	8	18	20	15	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
11-12	17	23	20	17	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	81
12-13	21	23	33	18	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
13-14	18	30	31	13	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
14-15	14	25	20	23	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
15-16	17	21	20	15	1	2	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	79
16-17	20	21	23	14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
17-18	19	23	21	16	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
18-19	28	32	34	19	1	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	119
19-20	23	21	24	15	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84
20-21	26	16	17	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
21-22	18	9	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	276	343	362	235	16	22	8	8	5	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1,288

1,288

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUEÑAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTCC : _____

FORMULARIO Nº 1

**ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR
(DOMINGO)**

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACION	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	DOMINGO
FECHA	13-Feb

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	1	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
5-6	2	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
6-7	10	18	14	8	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
7-8	18	30	22	16	1	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
8-9	15	20	18	18	1	2	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
9-10	10	22	22	10	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
10-11	9	16	20	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
11-12	17	21	19	19	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
12-13	21	25	27	21	2	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99
13-14	17	30	25	16	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
14-15	18	25	25	19	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
15-16	19	23	20	17	1	3	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
16-17	20	18	18	17	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
17-18	18	18	22	20	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
18-19	24	30	27	21	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106
19-20	21	23	21	17	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
20-21	25	18	16	6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
21-22	15	9	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	275	344	330	246	12	21	9	8	5	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,262

1,262

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUEÑAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTCC : _____

FORMULARIO Nº 1

CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR POR HORA

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	AMBOS
UBICACIÓN	AV.TARATA

ESTACION	
DIA	
FECHA	26-Set

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	1	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
5-6	2	2	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
6-7	9	16	15	10	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
7-8	20	32	26	16	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
8-9	15	21	23	16	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
9-10	10	19	19	13	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
10-11	10	16	18	15	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
11-12	14	22	22	14	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
12-13	21	26	31	18	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
13-14	17	28	28	15	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
14-15	15	23	20	17	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
15-16	13	19	18	14	1	2	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
16-17	18	21	20	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
17-18	20	22	24	17	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
18-19	26	31	30	17	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
19-20	21	23	24	15	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
20-21	23	17	18	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
21-22	18	10	12	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	272	348	354	228	14	22	8	8	5	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,271

1,271

1,271

ENCUESTADOR : _____ JOAQUIN SIGUENAS

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTCC : _____

Anexo 3. Determinación del Índice Medio Diario

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DIA							TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a	%
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO					
MOTOS	282	261	278	263	272	276	275	1,904	1,904	1.000	272	20.59%
AUTO	349	341	358	345	358	343	344	2,436	2,436	1.000	348	26.34%
STATION WAGON	347	353	364	354	370	362	330	2,479	2,479	1.000	354	26.80%
PICK UP	243	353	227	216	218	235	246	1,736	1,736	1.000	248	18.77%
PANEL	13	216	11	23	14	16	12	304	304	1.000	43	3.29%
RURALCombi	18	11	21	25	24	22	21	141	141	1.000	20	1.52%
MICRO	8	23	6	9	7	8	9	70	70	1.000	10	0.76%
BUS 2E	9	7	8	8	8	8	8	56	56	1.000	8	0.61%
BUS 3E	5	8	5	5	5	5	5	37	37	1.000	5	0.40%
CAMION 2E	7	4	9	9	10	9	10	57	57	1.000	8	0.62%
CAMION 3E	3	5	4	4	4	4	5	29	29	1.000	4	0.31%
TOTAL	1,281	1,580	1,289	1,260	1,288	1,288	1,262	9,246			1,321	100.00%

Nota. Se observa el resumen del aforo vehicular, con el cual se pudo determinar el IMDa.

Anexo 4. Estudio de Suelos – Ensayo CBR

Calicata N° 01



ENSAYO DE CBR.
MÉTODO ASTM D - 1583

PROYECTO : EVALUACION DEL INDICE DE RIGIDEZ UTILIZANDO ENSAYO NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA, TRAMO : CALLE ARIAS ARAGUEZ - AV. JORGE BASADRE GROHMANN , TACNA 2021.

UBICACION : DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA.

SOLICITA : BACH. JOAQUIN ALBERTO BOLAÑOS GIRON CODIGO : 2013046353.

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

FECHA : TACNA, FEBRERO DEL 2022.

ENSAYO DE CBR.

MÉTODO ASTM D - 1583

MOLDE No.	1	2	3
No. GOLPES POR CAPA	12	25	56
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
Peso molde + suelo húmedo	10572	10990	12660
Peso del Molde	3009	7104	6984
Peso del Suelo húmedo	3563	3796	2999
Volumen del Molde	2387	2307	2307
Beneficio humedad	1.54	1.45	1.73
% de humedad	14.48	14.48	14.43
Presión seca	1.385	1.437	1.513
Tara No.	T-1	T-2	T-3
Tara + muestra húmedo	228.5	321.8	310.7
Tara + muestra seca	288.0	281.1	270.5
Peso del agua	40.5	40.7	40.2
Peso de tara	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	290.8	281.3	238.5
% de humedad	14.48	14.48	14.43
Presión de humedad	14.48	14.48	14.43

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA		EXPANSION		LECTURA		EXPANSION	
			INICIAL	FINAL	mm.	%	INICIAL	FINAL	mm.	%

PENETRACION

PENETRACION	MOLDE No.:			MOLDE No.:			MOLDE No.:		
	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION	
mm.	psig.	INICIAL	LIBRAS	INICIAL	LIBRAS	INICIAL	LIBRAS	INICIAL	LIBRAS
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	15	33	31	31	44	15	36	79	26
0.050	24	57	59	49	108	30	65	143	48
0.075	42	96	30	78	172	37	114	251	84
0.100	77	159	57	145	320	167	226	496	166
0.200	146	312	197	273	602	291	441	1626	539
0.400	176	343	129	336	741	247	574	1283	423
0.500									

Oswaldo Martín Aguilar Pared
ING. CIVIL
MATERIA DE INGENIERIA CIVIL



ING. CIVIL
MATERIA DE INGENIERIA CIVIL

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
celular 984258935 - 982887617 - 032 283174

Enlace: ecofor@ecosur.com
Tacna

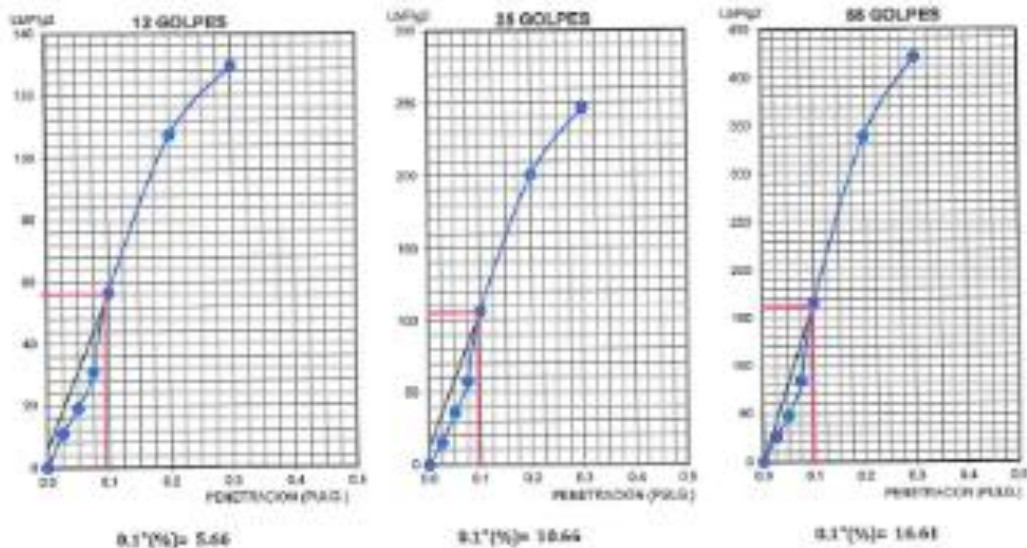
PROYECTO : EVALUACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO ENSAYO NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA, TRAMO : CALLE ARIAS ARAGUEZ - AV. JORGE BASADRE GROMANN , TACNA 2021.

UBICACION : DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA.

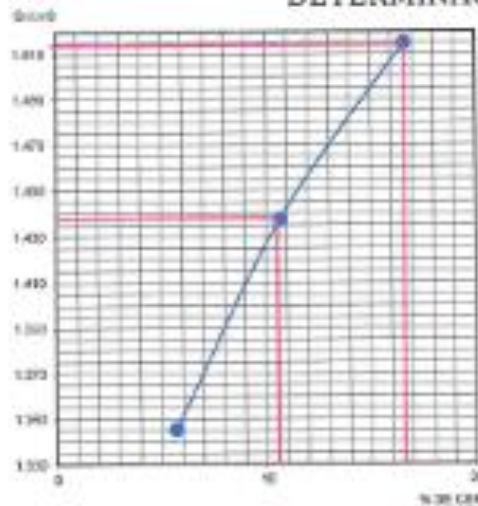
BOLICITA : BACH. JOAQUIN ALBERTO SIGUEÑAS GIRON CODIGO : 2013040351.

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALCATA 01

FECHA : TACNA, FEBRERO DEL 2022.



DETERMINACION DE CBR



Datos de Práctico:

Densidad seca :	1.504	gr/cc
Optima humedad:	14.4	%

CBR A 0.1*	10%	AL 95% NDS
CBR A 0.1*	12%	AL 100% NDS


 División Técnica Aguas y Saneamiento
 TACNA




 J. A. SIGUEÑAS GIRON
 BACH. EN INGENIERIA CIVIL
 D.P. 40241

AV. LAS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
 celular 994238000 - 952097017 - 951 260174

Email: ecosur.tacna@gmail.com
 Facebook: [ecosur.tacna](https://www.facebook.com/ecosur.tacna)

Calicata N° 02

**ENSAYO DE CBR.**

MÉTODO ASTM D-1583

PROYECTO : EVALUACION DEL INDICE DE RIGIDEZ UTILIZANDO ENSAYO NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA, TRAMO : CALLE ARIAS ARANQUEZ - AV. JORGE BASADRE GROMANM , TACNA 2021.

UBICACION : DISTRITO DE ALTO DE LA ALANZA, PROVINCIA DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA.

SOLICITA : DACH JOAQUIN ALBERTO SIGUERAS GIRON CODIGO : 201005003

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02

FECHA : TACNA, FEBRERO DEL 2022.

ENSAYO DE CBR.

MÉTODO ASTM D-1583

MOLDE Nro.	1		2		3	
	12		25		55	
Wts. COPES POR CAPA						
CONT. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo húmedo	18572		20071		19952	
Peso del Molde	7021		7105		6982	
Peso del Suelo húmedo	3551		3776		4668	
Volumen del Molde	2307		2307		2367	
Densidad húmeda	1.54		1.64		1.73	
% de humedad	16.16		14.06		14.20	
Densidad seca	1.318		1.435		1.517	
Tara Nro.	T-1		T-2		T-3	
Tara + suelo húmedo	325.9		324.5		326.3	
Tara + suelo seco	285.9		285.5		280.1	
Peso del agua	40.4		40.8		48.8	
Peso de tara	8.0		8.0		8.0	
Peso del suelo seco	295.4		284.5		280.1	
% de humedad	14.16		14.00		14.20	
Promedio de humedad	14.16		14.00		14.20	

EXPANSION

FECHA	IDEA	TIEMPO HOR.	LECTURA		EXPANSION		LECTURA		EXPANSION		LECTURA		EXPANSION	
			REAL	mm.	%	REAL	mm.	%	REAL	mm.	%			

PENETRACION

PENETRACION	MOLDE Nro.			MOLDE Nro.			MOLDE Nro.			
	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
mm.	psig.	DIAL	Libras	lb/100g ²	DIAL	Libras	lb/100g ²	DIAL	Libras	lb/100g ²
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.005	13	25	10	32	49	16	37	62	27	
0.010	25	46	38	50	110	37	67	148	45	
0.025	41	90	30	60	176	39	115	254	85	
0.100	79	174	58	146	322	187	284	518	173	
0.200	149	323	197	275	606	282	454	1004	335	
0.300	174	384	220	332	743	244	584	1292	433	
0.400										
0.500										

Osvaldo Martín Aguilar Paoli
 TECNICO
 201005003



OSVALDO MARTIN AGUILAR PAOLI
 TECNICO
 201005003

AV. LUIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
 celular: 984236095 - 982687617 - 062 283174

www.ecosur.com
 Facebook

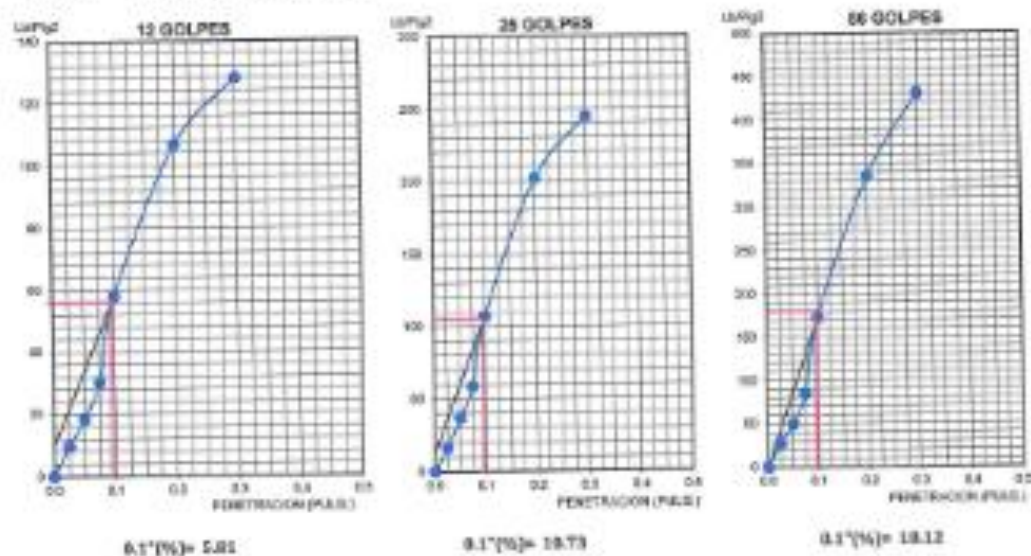
PROYECTO : EVALUACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO ENSAYO NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA, TRAMO : CALLE ARMAS ARAGUEZ - AV. JORGE BASADRE GROHMANN , TACNA 2021.

UBICACION : DISTRITO DE ALTO DE LA ALANZA, PROVINCIA DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA.

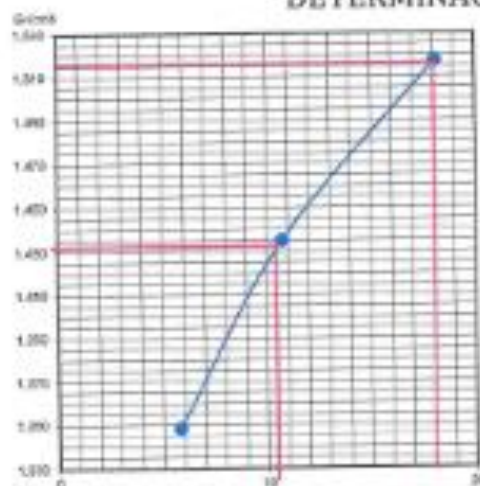
SOLICITA : BACH. JOAQUIN ALBERTO SIGUERAS GIRON CODIGO : 2013040353.

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA E2

FECHA : TACNA, FEBRERO DEL 2022.



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	1.516	gr/cc.
Optima humedad:	14.1	%

CBR A 0.1*	10%	AL 95% MDS
CBR A 0.1*	10%	AL 100% MDS

Obispo Nicolás de Ayala Pared
 ING. EN INGENIERIA
 TACNA



JOSÉ WILSON GARCÍA
 INGENIERO EN INGENIERIA
 TACNA

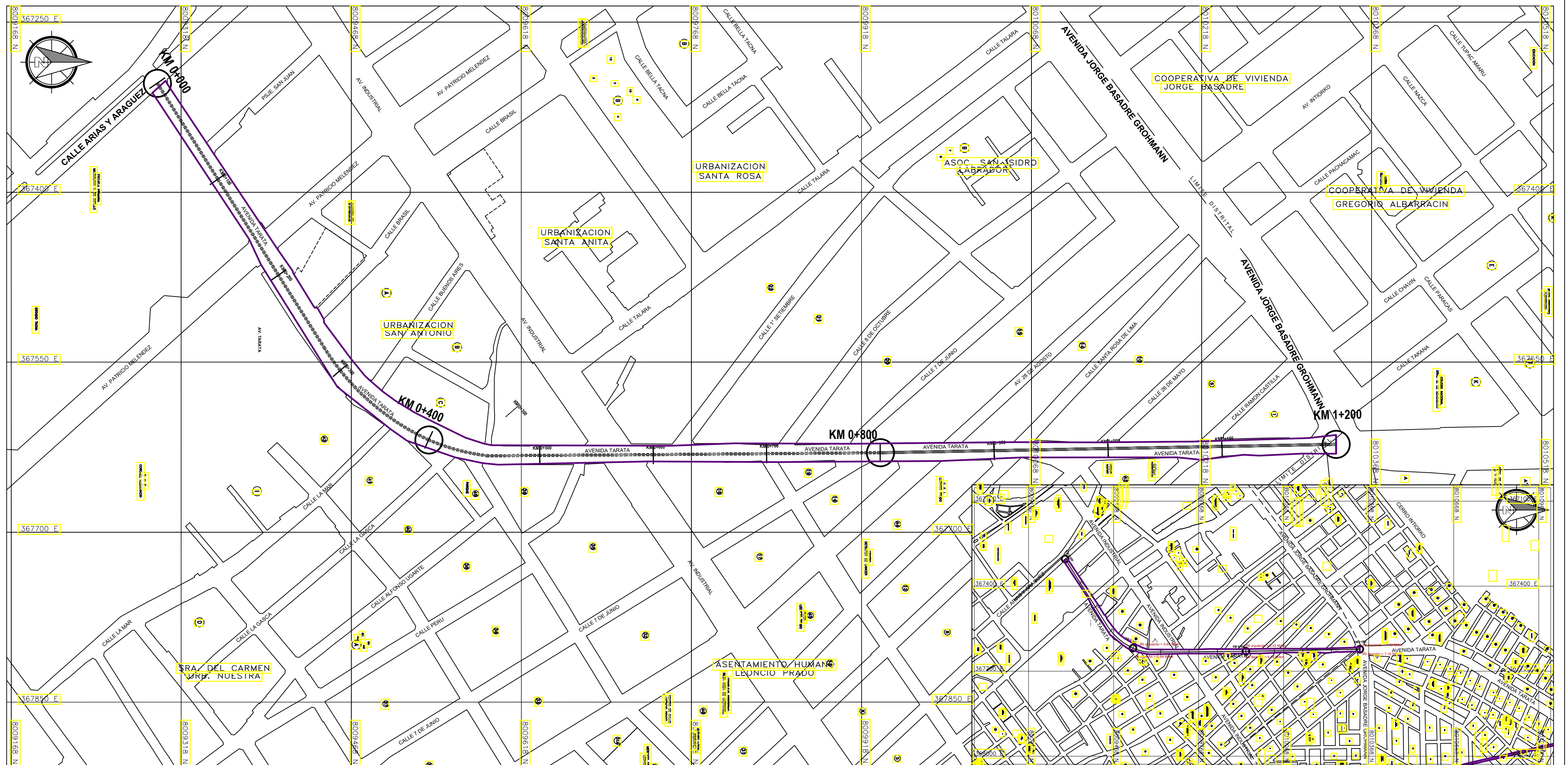
Av. LLIS BASADRE N°1 A - TACNA - TACNA
 telefon 084238000 - 05207007 - 082 140174

ecosur.tacna@ecosur.com
 TACNA

Anexo 05. Plano de Ubicación

UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

"EVALUACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA TRAMO : CALLE ARIAS ARAGUEZ - AV. JORGE BASADRE GROHMANN TACNA-2021"



PLANO DE UBICACIÓN

Escala: 1/2,500

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS

VERTICE	TRAMO	COORDENADAS WGS 84	
		ESTE (X)	NORTE (Y)
km 0+000	TRAMO 1 (km 0+000 hasta km 0+100)	X = 367304.009920	Y = 8009297.006259
km 0+100	TRAMO 2 (km 0+100 hasta km 0+200)	X = 367388.721403	Y = 8009350.450842
km 0+200	TRAMO 3 (km 0+200 hasta km 0+300)	X = 367473.436508	Y = 8009403.897711
km 0+300	TRAMO 4 (km 0+300 hasta km 0+400)	X = 367557.457616	Y = 8009458.438191
km 0+400	TRAMO 5 (km 0+400 hasta km 0+500)	X = 367618.650623	Y = 8009536.495565
km 0+500	TRAMO 6 (km 0+500 hasta km 0+600)	X = 367632.266966	Y = 8009634.515362
km 0+600	TRAMO 7 (km 0+600 hasta km 0+700)	X = 367631.584763	Y = 8009734.526448
km 0+700	TRAMO 8 (km 0+700 hasta km 0+800)	X = 367630.731194	Y = 8009834.587350
km 0+800	TRAMO 9 (km 0+800 hasta km 0+900)	X = 367629.886073	Y = 8009934.759561
km 0+900	TRAMO 10 (km 0+900 hasta km 1+000)	X = 367628.040653	Y = 8010035.242666
km 1+000	TRAMO 11 (km 1+000 hasta km 1+100)	X = 367626.202683	Y = 8010135.225675
km 1+100	TRAMO 11 (km 1+100 hasta km 1+200)	X = 367624.358998	Y = 8010235.708743
km 1+200	km 1+200	X = 367622.513726	Y = 8010336.191727

PLANO DE LOCALIZACIÓN

Escala: 1/10,000

DATOS DE UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: TACNA
 PROVINCIA: TACNA
 DISTRITO: TACNA
 SECTOR: VIA AV. TARATA



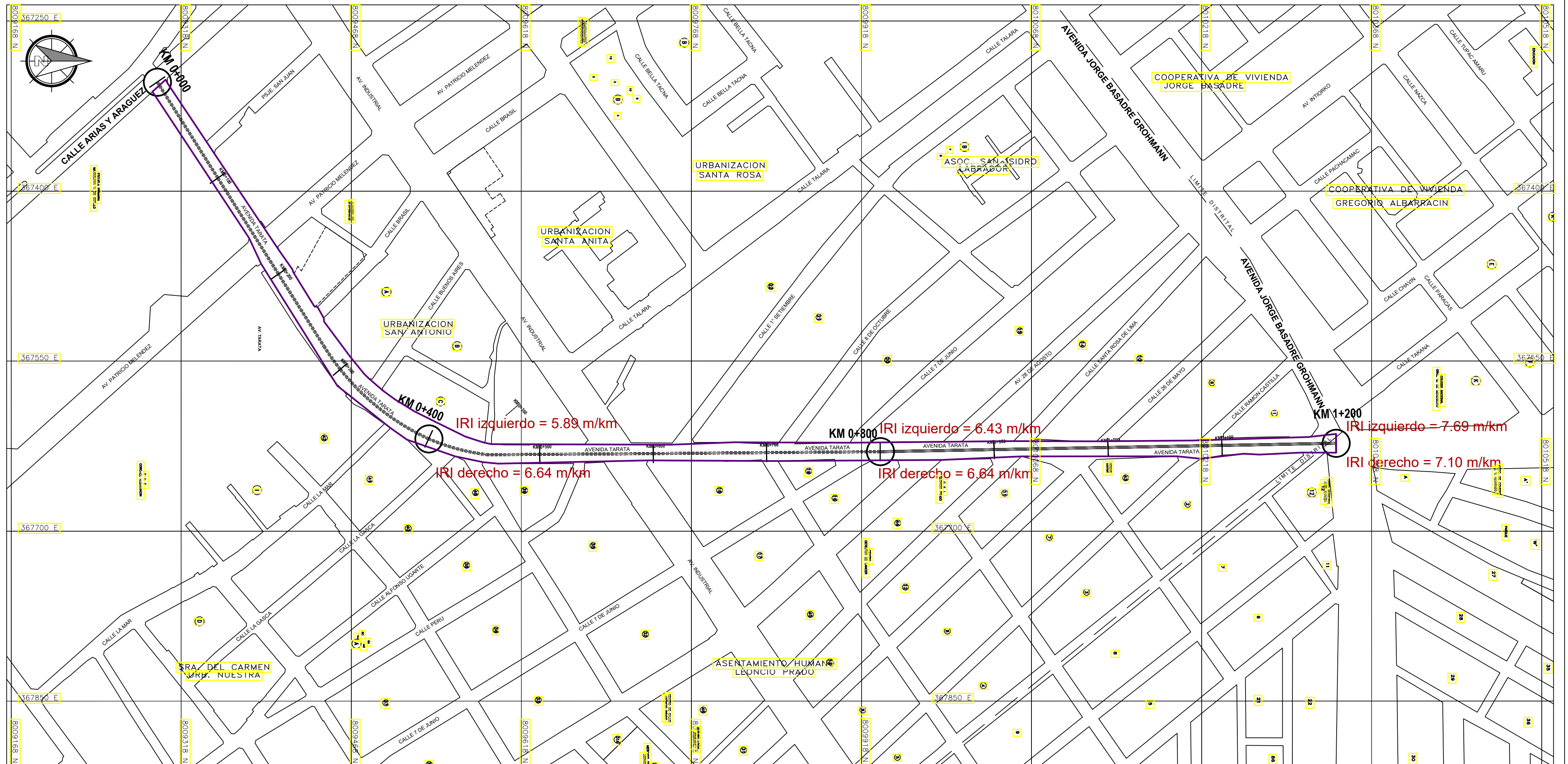
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA:	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO:	"EVALUACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA TRAMO : CALLE ARIAS ARAGUEZ - AV. JORGE BASADRE GROHMANN TACNA-2021"	
PLANO:	PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	
ASESOR:	ING. PEDRO MAQUERA CRUZ	TESISTA:
		BACH. JOAQUIN ALBERTO SIGUEÑAS GIRON
ESCALA: 1/2500, 1/10000	FECHA: OCTUBRE 2022	Nº de LAMINA:
		U-01

Anexo 06. Plano de Cálculo De Rugosidad – Rugosímetro De Merlin

CALCULO DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN

"EVALUACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA TRAMO : CALLE ARIAS ARAGUEZ - AV. JORGE BASADRE GROHMANN TACNA-2021"



PLANO DE TRAMOS A INTERVENIR

Escala: 1/2,500

DATOS DE UBICACIÓN

DEPARTAMENTO: TACNA
 PROVINCIA: TACNA
 DISTRITO: TACNA
 SECTOR: VIA AV. TARATA

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS

VERTICE	TRAMO	COORDENADAS WGS 84	
		ESTE (X)	NORTE (Y)
km 0+000	TRAMO 1 (km 0+000 hasta km 0+100)	X = 367304.009920	Y = 8009297.006259
km 0+100	TRAMO 2 (km 0+100 hasta km 0+200)	X = 367388.721403	Y = 8009350.450842
km 0+200	TRAMO 3 (km 0+200 hasta km 0+300)	X = 367473.436508	Y = 8009403.897711
km 0+300	TRAMO 4 (km 0+300 hasta km 0+400)	X = 367557.457616	Y = 8009458.438191
km 0+400	TRAMO 5 (km 0+400 hasta km 0+500)	X = 367618.650623	Y = 8009536.495565
km 0+500	TRAMO 6 (km 0+500 hasta km 0+600)	X = 367632.266966	Y = 8009634.515362
km 0+600	TRAMO 7 (km 0+600 hasta km 0+700)	X = 367631.584763	Y = 8009734.526448
km 0+700	TRAMO 8 (km 0+700 hasta km 0+800)	X = 367630.731194	Y = 8009834.587350
km 0+800	TRAMO 9 (km 0+800 hasta km 0+900)	X = 367629.886073	Y = 8009934.759561
km 0+900	TRAMO 10 (km 0+900 hasta km 1+000)	X = 367628.040653	Y = 8010035.242666
km 1+000	TRAMO 11 (km 1+000 hasta km 1+100)	X = 367626.202683	Y = 8010135.225675
km 1+100	TRAMO 11 (km 1+100 hasta km 1+200)	X = 367624.358998	Y = 8010235.708743
km 1+200	km 1+200	X = 367622.513726	Y = 8010336.191727



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA:	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO:	"EVALUACION DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA AV. TARATA TRAMO : CALLE ARIAS ARAGUEZ - AV. JORGE BASADRE GROHMANN TACNA-2021"	
PLANO:	CALCULO DEL INDICE DE RUGOSIDAD UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN	
ASESOR:	ING. PEDRO MAQUERA CRUZ	TESISTA:
		BACH. JOAQUIN ALBERTO SIGUEÑAS GIRON
ESCALA: 1/2500, 1/10000	FECHA: OCTUBRE 2022	Nº de LAMINA:
		IR-01